

ZUR TOPOGRAPHIE DER
ARTERIAE PULMONALES UND IHRER
SEGMENTALEN ÄSTE BEIM FETALEN
UND NEUGEBORENEN KALB

PETER SCHWEMMER

1987

Disbui. München

Aus dem Institut für Tieranatomie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Lehrstuhl: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Arbeit angefertigt unter Leitung
von Priv.Do. Dr. Dr. habil. H. Waibl

ZUR TOPOGRAPHIE DER ARTERIAE PULMONALES UND IHRER
SEGMENTALEN ÄSTE BEIM FETALEN UND NEUGEBORENEN KALB

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Peter Schwemmer
aus Hohenstadt

München 1987

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker

Referent: Priv.Doiz. Dr. Dr.habil. H. Waibl

Korreferent: Prof. Dr. E. Dahme

Tag der Promotion: 27. Februar 1987

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG	1
LITERATUR	
1. Die Embryonalentwicklung der Lungen	2
2. Die Gliederung der Lungen	3
a) in Lappen	3
b) in Segmente	4
3. Arbor bronchialis (Lappen-, Segment- und Subsegmentbronchen beim Rind)	5
A) Pulmo dexter	5
A`) Pulmo sinister	9
4. Arterien der Lunge	12
4.1 Funktionell: Truncus pulmonalis und Arteriae pulmonales beim Rind	12
Rami lobares pulmonorum	13
A) Pulmo dexter	13
A`) Pulmo sinister	18
4.2 Nutritiv: Arteriae bronchiales	21
4.3 Präkapillare Anastomosen zwischen den Pulmonal- und Bronchalararterien	23
MATERIAL UND METHODIK	25
ERGEBNISSE	
1. Arbor bronchialis (Lappen-, Segment- und Subsegmentbronchen)	28
A) Pulmo dexter	28
A`) Pulmo sinister	39
2. Truncus pulmonalis und Arteriae pulmonales	46
Die arteriellen Rami lobares pulmonorum	47
A) Pulmo dexter	47
A`) Pulmo sinister	57
3. Fetale Entwicklungsveränderungen der Arteriae pulmonales	65

4. Lagebeziehung zwischen den Ästen des Truncus	
pulmonalis und den Bronchen	71
A) Pulmo dexter	71
A`) Pulmo sinister	75
5. Arteriae bronchales	76
DISKUSSION	77
ZUSAMMENFASSUNG	91
SUMMARY	92
LITERATURVERZEICHNIS	93

Abkürzungen:

Br./Brr. = Bronchus / Bronchi

R./Rr. = Ramus / Rami

A./Aa. = Arteria / Arteriae

dors. = dorsalis

vent. = ventralis

med. = medialis

cran. = cranialis

caud. = caudalis

seg. = segmentalis

subseg. = subsegmentalis

lob. = lobaris

SSL = ScheitelsteiBlänge

Ø = Durchmesser

EINLEITUNG

In neuerer Zeit werden in der Humanmedizin nicht nur an der Leber, den Nieren und der Milz sondern auch an den Lungen in zunehmendem Maße partielle Ektomien durchgeführt (VOBORIL, 1985). Damit wird das Risiko der Patienten verkleinert. Grundlage hierfür ist die Kenntnis des segmentalen Aufbaus dieser Organe, wobei das Hauptinteresse der segmentalen Blutgefäßversorgung gilt.

In der Veterinärmedizin sind diese anatomischen Organbesonderheiten nicht vollständig untersucht. Im folgenden soll deshalb - nicht nur im Eigeninteresse der Tieranatomie - die Topographie der segmentalen Arterienversorgung der Lungen beim fetalen und neugeborenen Rind dargestellt werden.

LITERATUR

1. Die Embryonalentwicklung der Lungen

Aus einer Rinne ventral am Vorderdarm entsteht embryonal ein Rohr, an dessen kaudalem Ende sich das Lungen-divertikel entwickelt (RATHKE, 1828; SCHENK, 1874; SEESSEL, 1877; SCHNORR, 1985). An dieser Anlage wölben sich die paarigen primären Lungenknospen vor. Sie bilden das Vorstadium der Lappenknospen, die den sekundären Lungenknospen (MICHEL, 1977) entsprechen. Zunächst werden links 2 und rechts 3 dieser Vorwölbungen angelegt, die beim Menschen ab einer Scheitelsteißlänge von 7 mm in ihrer Anzahl bestehen bleiben (HIS, 1887; HEISS, 1919). Während bei den Haustieren nach ZIETZSCHMANN und KRÖLLING (1955) und MICHEL (1977) auch links eine dritte erscheint, kommt nach ZIETZSCHMANN und KRÖLLING (1955) und SCHNORR (1985) rechts noch eine vierte Abfaltung hinzu. Diese Lappenknospen sind Vorläufer der Bronchopulmonalknospen, d.h. der späteren Knospen der Lungensegmente. Die Weiterentwicklung beschreiben KÖLLIKER (1879), AEBY (1880), WILLACH (1888) und NARATH (1896) als eine monopodische (von einer Hauptachse abgehende) Verzweigung der Segmentknospen. Nach EWART (1889), MINOT (1892), HERTWIG (1915) und BENDER (1925) handelt es sich hierbei jedoch um eine dichotome Teilung (Zweiteilung der Hauptachse), während STIEDA (1878), HIS (1887) und FLINT (1906) eine Kombination aus diesen beiden Verzweigungsarten erkennen. Heute wird das Bronchialsystem allgemein als durch dichotome Sprossung entstanden, angesehen (MICHEL, 1977; SCHNORR, 1985).

2. Die Gliederung der Lungen

a) in Lappen

Äußerlich werden die Lappen der Lungen durch unterschiedlich tiefe Spalten gegeneinander abgegrenzt (MARTIN, 1909; MÜLLER, 1938; BARONE, 1960). Die tierartlich stark differierende Ausprägung dieser Fissurae bzw. sogar ihr Fehlen bringt Probleme bei der vergleichenden Benennung der Lappen mit sich. Beim Pferd ist zum Beispiel an der linken Lunge der Kraniallappen völlig mit dem Hinterlappen verschmolzen (BARONE, 1953; NAKAKUKI, 1967; CORONDAN et al., 1967). Schon AEBY (1880) mißt der äußerlich sichtbaren Lobierung der Lunge keine wesentliche Bedeutung zu, deshalb erkennt er, wie auch NARATH (1901) und GEGENBAUR (1901), die Aufzweigung des Bronchalbaums als bessere Grundlage für eine homologe Benennung der Lungenlappen an.

Aufgrund der embryonal entstandenen Lappenknospen des Bronchalbaumes wird heute nach der NOMINA ANATOMICA VETERINARIA (1973 und 1983) bei den Haussäugetieren an beiden Lungen jeweils ein Kranial- und ein Kaudallappen und zusätzlich an der rechten Lunge ein Mittel- und ein Anhangslappen unterschieden. Während ACKERKNECHT (1943) an der linken Lunge des Rindes auch einen Mittellappen erkennt, wird dieser jetzt als Pars caudalis des Kraniallappens bezeichnet (SEIFERLE, 1956; NEURAND et al., 1970; NOMINA ANATOMICA VETERINARIA 1973 und 1983). Als Besonderheit ist somit beim Wiederkäuer an der linken und an der rechten Lunge der Lobus cranialis zweigeteilt. Wobei der rechte (wie auch beim Schwein) direkt aus der Trachea durch den Bronchus trachealis belüftet wird (NAKAKUKI, 1979).



b) in Segmente

Bereits 1920 beschreibt FELIX beim Menschen durch Bindegewebssepten getrennte Unterteilungen (= Segmente) innerhalb eines Lungenlappens, die von einem Ast des Lappenbronchus versorgt werden. Nach HARTMANN und BOYDEN (1946), BOYDEN (1949), PICCO (1956) und ENGEL (1958) wird unter einem Segment der Lungenabschnitt verstanden, der von einem vom **Bronchus lobaris** (= Bronchus 2. Ordnung, wenn der Stammbronchus als Bronchus 1. Ordnung bezeichnet wird) abgehenden **Bronchus segmentalis** (= Bronchus 3. Ordnung) belüftet wird. APPLETON (1944), PARCHET et al. (1951), TÖNDURY (1954) und BEYERSDORF (1978) finden hierfür die Bezeichnung "bronchopulmonales Segment". Das Lungen-segment hat nach BOYDEN (1949), WEBER (1951), RUOSS (1955) und KOCH et al. (1973) die Form eines Keiles, mit der Basis an der Oberfläche und der Spitze am Hilus der Lunge.

Die aus der weiteren Aufzweigung der Segmentbronchen hervorgehenden Bronchen 4. Ordnung werden nach BOYDEN (1949) als **Bronchi subsegmentales** bezeichnet, die entsprechende Subsegmente belüften. V.HAYEK (1970) erkennt für diese Bronchen eine so große Variabilität, daß er ihrer Beschreibung keine besondere Bedeutung zumißt. Diese Subsegmente entsprechen den von BÜRGI (1953) beim Rind beschriebenen "Sublobi", die durch Bindegewebssepten untereinander abgegrenzt sind.

In Verbindung mit den Lungengefäßen gelten für das "bronchopulmonale Segment" weitere Bezeichnungen:

a) Wenn die Arterien und Bronchen darin parallel verlaufen, wird vom "bronchoarteriellen Segment" (LINELL und LÖFGREN, 1940; WINKLER, 1952; MC LAUGHLIN et al., 1961),

b) wenn sich auch noch die Venen, wie beim **Wiederkäuer**, gleich verhalten, wird vom "bronchovaskulären Segment" gesprochen (LINELL und LÖFGREN, 1940; MC LAUGHLIN et al., 1961).

Diese beiden Autoren beschreiben für den Wiederkäuer im Lungensegment die Pulmonalarterien lateral und die Venen medial am Bronchus verlaufend.

3. Arbor bronchialis (Lappen-, Segment- und Subsegmentbronchen beim Rind)

A) Pulmo dexter

Bronchus lobi cranialis

Der rechte Spitzenlappen wird bekanntermaßen bei Schwein und Wiederkäuer durch den direkt lateral aus der Trachea abzweigenden **Bronchus trachealis** versorgt. Er teilt sich nach einer Länge von wenigen Millimetern beim Kalb (Stamp, 1948), bzw. bis zu 2,5 cm beim Rind (SCHORNO, 1955 und BURI, 1911), in je einen kranialen und einen kaudalen Segmentbronchus für die beiden Lappenteile (BACKMAN, 1937; GUZSAL, 1952; REYMOND, 1958; SPERANSKIJ, 1964; RADU und RADU, 1969).

Der kraniale Segmentbronchus zieht kranioventral und entläßt dabei zwei ebenfalls kranioventral gerichtete Subsegmentbronchi (STAMP, 1948). Bevor er mit seinem Endast ein ventrales Subsegment belüftet, erreicht er distal mit einem noch kleineren, medialen Ast den nach links der Medianen reichenden Abschnitt (= 4. Subsegment der Pars cranialis) des rechten Spitzenlappens. FIZE (1965) dagegen sieht 4 dorsale und 2 ventrale Subsegmentbronchen, während SCHORNO (1955), GUZSAL (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) lediglich eine Aufzweigung in jeweils einen dorsalen und einen ventralen Ast mit den entsprechenden Subsegmenten erkennen.

Der **kaudale Segmentbronchus** strebt nach ventral und kaudal. Er gibt kurz nach seinem Ursprung einen starken kaudalen Zweig ab, der den gesamten dorsalen Teil dieses Segmentes versorgt (STAMP, 1948). Weiter distal entläßt er zunächst nach kranial und dann nach kaudal je einen Ast. Mit seiner Endaufzweigung belüftet er das ventrale (= 4.) Subsegment. Dagegen beobachtet FIZE (1965) hier lediglich 2 dorsale und 1 ventrales Subsegment. SCHORNO (1955), GUZSAL (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) beobachten auch hier nur zwei Subsegmente (dorsal und ventral).

Tabelle 1: Literaturangaben zur Anzahl der Segmente und Subsegmente des Lobus cranialis dexter beim Rind.

Segmente	Subsegmente	
2	-	BACKMAN (1937), REYMOND (1958), SPERANSKIJ (1964)
2	2 + 2	GUZSAL (1955), ZSEBÖK et al. (1955), SCHORNO (1955)
2	4 + 4	STAMP (1948)
2	6 + 3	FIZE (1965)

Bronchus lobi medii

Der Mittellappen wird von dem ventrolateral am rechten Stammbronchus entspringenden und nach ventral verlaufenden **Bronchus lobi medii** versorgt. Er entspricht nach HUNTINGTON (1898) und NAKAKUKI (1975) dem "ersten" ventralen, von dem letztgenannten Autor als "lateraler Segmentbronchus" des rechten Hinterlappen bezeichnet. Nach BACKMAN (1937), SCHORNO (1955), REYMOND (1958), SPERANSKIJ (1964) und FIZE (1965) entläßt dieser Lappenbronchus einen kleineren dorsalen und einen sich zahlreich verzweigenden, größeren ventralen Ast, so daß je ein "**Segmentum medium dorsale**" und "**ventrale**" entstehen.

Der sich gleichrangig aufzweigende Bronchus medius veranlaßt STAMP (1948) insgesamt 8 Äste für die entsprechenden Segmente abzugrenzen, wobei der erste und der dritte Zweig nach lateral abgehen und sich jeweils nach kranial und kaudal aufteilen. Die zweiten und die vierten Segmentbronchen sind nach medial gerichtet. Während die letzten 4 Äste schraubig angeordnet nach allen Richtungen entspringen (STAMP, 1948). Dagegen zählt ZSEBÖK et al. (1955) hier fünf Segmentbronchen.

Tabelle 2: Literaturangaben zur Anzahl der Segmente des Lobus medius beim Rind.

Segmente :

2	BACKMAN (1937), SCHORNO (1955), REYMOND (1958), SPERANSKIJ (1964), FIZE (1965)
5	ZSEBÖK et al. (1955)
8	STAMP (1948)

Bronchus lobi accessorii

Der Bronchus für den Lobus accessorius entspringt ventromedial etwa in Abgangshöhe des Bronchus lobi medii aus dem rechten Stammbronchus (SCHORNO, 1955). Dieser Bronchus entspricht nach der Meinung NAKAKUKI (1975) dem "ersten" medialen Segmentbronchus des rechten Hinterlappen. Er teilt sich nach BACKMAN (1937), STAMP (1948), GUZSAL (1955), SCHORNO (1955), ZSEBÖK et al. (1955), RADU und RADU (1969) und FIZE (1965) in einen dorsalen und einen ventralen Segmentbronchus.

Der dorsale Segmentbronchus zieht in das mit dem Hinterlappen bindegewebig verwachsene Segmentum accessorium dorsale. Während der ventrale das freihängende Segmentum accessorium ventrale versorgt. Beide bilden dann mehrere Subsegmente (SCHORNO, 1955), wobei weitere Angaben über die Anzahl der Subsegmentbronchi nicht vorliegen.

Bronchus lobi caudalis

Dieser größte Lappen der rechten Rinderlung wird durch den fortlaufenden Stammbronchus (= Bronchus lobi caudalis) belüftet.

Als Segmentbronchen werden sogenannte Dorsal- und Ventralbronchen unterschieden (STAMP 1948, SCHORNO 1955, SPERANSKIJ 1964), wobei zusätzlich schwächere, medial gerichtete Segmentbronchen als "dorsale und ventrale Nebenbronchen" (SCHORNO, 1955) beschrieben werden. Diese "ventralen Nebenbronchen" bezeichnen STAMP (1948), SPERANSKIJ (1964) und FIZE (1965) als "mediale Segmentbronchen".

Die **Dorsalbronchen** ziehen nach SCHORNO (1955) kaudodorsal, wobei sich ihr Ursprung kaudalwärts von dorsolateral nach dorsomedial sukzessive ändert (BACKMAN, 1937). Sie teilen sich jeweils in einen kranio-medialen und einen kaudolateralen Subsegmentbronchus. STAMP (1948), SCHORNO (1955) und FIZE (1965) finden übereinstimmend fünf, selten vier oder sechs Dorsalbronchen; während BACKMAN (1937), REYMOND (1958) und SPERANSKIJ (1964) 4 Dorsalbronchen und ZSEBÖK et al. (1955) sowie GUZSAL (1955) lediglich drei davon feststellen.

Die **Ventralbronchen** verlagern im kaudalen Lappenbereich, wie BACKMAN (1937) und SCHORNO (1955) betonen, ihre Abgangsstelle am Lappenbronchus von ventrolateral immer eindeutiger nach lateral. Diese Autoren, sowie REYMOND (1958) und FIZE (1965) finden hier 4, ausnahmsweise auch 5 Ventralbronchen vor, während STAMP (1948) grundsätzlich 5 beschreibt, die von ihm "laterale Bronchen" genannt werden. ZSEBÖK et al. (1955), GUZSAL (1955) und SPERANSKIJ (1964) stellen nur drei Ventralbronchen fest.

Die von SCHORNO (1955) beschriebenen "dorsalen Nebenbronchen" wechseln nach Anzahl und Ursprung stark. Sie versorgen dorsomedial gerichtet bis zu drei sogenannte "Segmenta caudalia mediastinalia dorsalia". Von anderen Autoren sind keine hiermit vergleichbaren "Bronchen oder Nebenbronchen" und somit Segmente beschrieben.

Die Anzahl der "ventralen Nebenbronchen" mit medialer Richtung variiert nach SCHORNO (1955) von eins bis vier. STAMP (1948) sieht hierbei 4 bis 8 "mediale Segmentbronchen", während SPERANSKIJ (1964) 2 - 3 und FIZE (1965) 3 bis 4 beobachtet. Sie belüften die "Segmenta caudalia medialis".

Das Endstück des Lappenbronchus versorgt selbst an der Basis des Hinterlappens das "Segmentum caudale" des Lobus caudalis dexter (SCHORNO, 1955).

Tabelle 3: Literaturangaben zur Anzahl der Segmente des Lobus caudalis dexter beim Rind.

dorsal	ventral	medial	kaudal	
3	3	-	1	GUZSAL (1955), ZSEBÖK et al. (1955)
4	3	2 - 3	1	SPERANSKIJ (1964)
4	4 (- 5)	-	1	BACKMAN (1937), REYMOND (1958)
5 (4 - 6)	5	4 - 8	1	STAMP (1948)
5 (4 - 6)	4	1 - 4	1	SCHORNO (1955)
5 (4 - 6)	4	3 - 4	1	FIZE (1965)

A') Pulmo sinister

Bronchus lobi cranialis

Der Bronchus lobi cranialis teilt sich im linken Spitzenlappen in je einen Ast für das kraniale und das kaudale Segment dieses zweigeteilten Lappens (SCHORNO, 1955; ZSEBÖK et al., 1955; STAMP, 1948; BACKMAN, (1937); GUZSAL, 1952; REYMOND, 1958; SPERANSKIJ, 1964; RADU und RADU, 1969).

Der **kraniale Segmentbronchus** zieht kranioventral und verzweigt sich dabei baumartig zu den von STAMP (1948) beschriebenen fünf Subsegmenten auf. FIZE (1965) sieht 4 dorsale und 4 ventrale Subsegmentbronchen, während GUZSAL (1955) und SCHORNO (1955) insgesamt nur 2 beobachten.

Der Ast für das **kaudale Segment** verläuft vom Lappenbronchus direkt nach ventral weg. STAMP (1948) erkennt daran je 5 Zweige nach kranial und kaudal für die entsprechenden Subsegmente. Zusätzlich entläßt der Lappenbronchus nach diesem Autor vier weitere Zweige nach medial. Dagegen gibt FIZE (1965) hier keine Subsegmente an. SCHORNO (1955) und GUZSAL (1955) beschreiben für das kaudale Segment lediglich einen schwachen Dorsal- und einen starken Ventralbronchus.

Tabelle 4: Literaturangaben zur Anzahl der Segmente und Subsegmente des Lobus cranialis sinister beim Rind.

Segmente	Subsegmente	
2	-	BACKMAN (1937), ZSEBÖK et al. (1955), REYMOND (1958), SPERANSKIJ (1964), RADU und RADU (1969)
2	2 + 2	GUZSAL (1955), SCHORNO (1955)
2	8	FIZE (1965)
2	5 + 14	STAMP (1948)

Bronchus lobi caudalis

Nach der Abgabe des Astes für den Spitzenlappen wird der Stammbronchus zum **Lappenbronchus** für den linken Hinterlappen. Analog zur rechten Lunge werden auch hier Dorsal- und Ventralbronchen unterschieden, deren Ursprünge kaudalwärts im Uhrzeigersinn in einer Schraubenlinie aufgereiht sind (BACKMAN; 1937; SCHORNO, 1955). Auch mediale Bronchen kommen wie an der rechten Lunge vor (SPERANSKIJ, 1964).

STAMP (1948), SCHORNO (1955) und FIZE (1965) beschreiben 5 **Dorsalbronchen**, während BACKMAN (1937), REYMOND (1958) und SPERANSKIJ (1964) 4, dagegen ZSEBÖK et al. (1955) sowie GUZSAL (1955) nur 3 sehen.

Ventrolateral entspringen gemäß diesen Autoren regelmäßig 4 Ventralbronchen, die bei STAMP (1948) jedoch als "laterale" bezeichnet werden. Lediglich ZSEBÖK et al. (1955) stellt 3 Ventralbronchen fest.

Von STAMP (1948) und SCHORNO (1955) werden 3 - 4 mediale (bei SCHORNO (1955) als "ventrale Nebensegmentbronchen" bezeichnete) Segmentbronchen beschrieben, während SPERANSKIJ (1964) regelmäßig 3 sieht. Den inkonstant vorhandenen, "dorsalen Nebensegmenten" (SCHORNO, 1955) entsprechende Segmente, werden von keinem der anderen Autoren erwähnt.

Der Endast des Lappenbronchus belüftet das "Segmentum caudale" an der kaudalen Lungenspitze.

Tabelle 5: Literaturangaben zur Anzahl der Segmente des Lobus caudalis sinister beim Rind.

dorsal	ventral	medial	kaudal	
3	3	-	1	ZSEBÖK et al. (1955)
3	4	-	1	GUZSAL (1955)
4	4	-	1	BACKMAN (1937), REYMOND (1958)
4	4	2 - 3	1	SPERANSKIJ (1964)
5	4	3 - 4	1	STAMP (1948), SCHORNO (1955)
5	4	-	1	FIZE (1965)

4. Arterien der Lungen

4.1 Funktionell: Truncus pulmonalis und Arteriae pulmonales beim Rind

Der Truncus pulmonalis verläßt links der Trachea verlaufend den Dorsalbereich (Conus arteriosus) des rechten Ventrikels. Er teilt sich beim Rind nach 60 - 80 mm, d.h. ca. 20 mm hinter dem Ligamentum Botalli, aber noch kranial der Bifurcatio tracheae, in die Arteria pulmonalis sinistra und dextra (SCHORNO, 1955; GUZSAL, 1955).

Die 25 - 30 mm starke Arteria pulmonalis dextra wendet sich hinter dem Arcus aortae zum rechten Lungenhilus. Dabei gibt sie, wie SCHORNO (1955) und BURI (1911) beschreiben, 20 - 30 mm nach der Aufzweigung des Truncus pulmonalis nahezu rechtwinklig nach lateral den starken Ramus lobi cranialis für den rechten Spitzenlappen ab. Er tritt somit von medial an den entsprechenden Lappenbronchus heran und besitzt nach BURI (1911) einen Ursprungsdurchmesser von 12 - 20 mm. Der Autor bezeichnet ihn als "A. epibronchialis apicis pulmonis". Nachdem das fortlaufende Stammgefäß den Lungenhilus erreicht hat, zweigt 70 - 90 mm von der Teilung des Truncus pulmonalis entfernt, der ca. 9 mm dicke Ramus lobi medii nach ventrolateral für den Mittellappen ab (BACKMAN, 1937). Nur 10 mm kaudal davon entspringt der beim Rind 5 - 7 mm starke Ramus lobi accessorii nach ventromedial, der von lateral an den entsprechenden Lappenbronchus herantritt und ihn in seiner gesamten Länge von 40 - 60 mm eng benachbart, lateral begleitet (SCHORNO, 1955).

In ihrem weiteren Verlauf zieht das nur noch 18 - 23 mm starke und insgesamt 180 - 220 mm lange Stammgefäß jetzt als Ramus lobi caudalis in den rechten Hinterlappen des Rindes (BACKMAN, 1937). Er dreht sich in seinem Längsverlauf nach kaudal in einem Bogen von 360° von ventral über lateral und dorsal nach medial um

den Lappenbronchus (BACKMAN, 1937). SCHORNO (1955) findet diese Drehung nur von lateral nach dorsal ausgebildet.

Die 20 - 25 mm dicke *Arteria pulmonalis sinistra* strebt nach links und kaudal über die drei *Venae pulmonales sinistae* (BÜHLING, 1942) hinweg zum linken Lungenhilus. Sie entläßt in Höhe der Bifurkation der Trachea (ZSEBÖK et al., 1955) die beiden *Rami lobii cranialis* für den linken Spitzenlappen. Diese lagern sich den Bronchen medial an.

Das fortlaufende Stammgefäß, mit einem Durchmesser von 17 - 22 mm und einer Länge von 180 - 220 mm, versorgt wie an der rechten Lunge, jedoch spiegelgleich gedreht, als *Ramus lobii caudalis* den Hinterlappen (BACKMAN, 1937; SCHORNO, 1955).

Rami lobares pulmonorum

A) Pulmo dexter

Ramus lobii cranialis

Der lateral aus der *Arteria pulmonalis dextra* hervorgehende *Ramus lobii cranialis dextri* gibt beim Schaf und bei der Ziege 2 Segmentarterien für ein kraniales und ein kaudales Segment des rechten Spitzenlappen ab, die äußerlich der *Pars cranialis* und der *Pars caudalis* entsprechen (HARE, 1955; NOMINA ANATOMICA VETERINARIA, 1973). Diese Arterien können nach BURI (1911) auch getrennt, direkt aus der *Arteria pulmonalis dextra* entspringen, ohne eine Lappenarterie zu bilden. In einem Fall beobachtet er sogar 3 Gefäße für den rechten Kraniallappen. Für die Ziege beschreibt BURI (1911) analoge Verhältnisse, während HARE (1955) beim Schaf regelmäßig einen einheitlichen Ursprungsstamm = *Ramus lobii cranialis* sieht.

Beim Rind entspringt der *Ramus lobii cranialis dextri* fast rechtwinklig nach lateral, um sich nach 30 mm (BURI, 1911) in die beiden *Rami segmentales*, den

sogenannten **Ramus ascendens** für das kraniale und den stärkeren sogenannten **Ramus descendens** für das kaudale Segment aufzuzweigen (BACKMANN 1937, ZSEBÖK et al. 1955, WILKENS und MÜNSTER 1976, NOMINA ANATOMICA VETERINARIA 1973 und 1983). BURI (1911) betont jedoch für das Rind, daß diese beiden auch getrennt aus der Arteria pulmonalis dextra entlassen werden können.

Der 7 - 10 mm starke **Ramus ascendens** zieht zunächst zwischen Trachea, Vena cava cranialis, Aorta einerseits und der Vene vom kranialen Segment im rechten Spitzenlappen andererseits, 70 mm extrapulmonal (subpleural) nach kranial (BURI, 1911). Nachdem er den Bronchus segmentalis cranialis medial überkreuzt hat, teilt er sich nach SCHORNO (1955) in einen (70 - 90 mm langen und 3 - 4 mm dicken) **kraniodorsalen** und einen (120 - 150 mm langen und 4 - 5 mm starken) **kranioventralen Ramus subsegmentalis**. GUZSAL (1955) und SCHORNO (1955) beobachteten, daß der kraniodorsale Ast mit seine Aufzweigungen medial der Bronchen verbleibt, während sich diejenigen des kranioventralen nach lateral um die Bronchen winden. ZSEBÖK et al. (1955) dagegen betont, daß beide sich sofort nach ihrem Ursprung in einer Spirale dorsal über den Bronchus nach lateral verlagern.

Der (20 - 30 mm lange und 6 - 8 mm) starke **Ramus descendens** (BACKMAN, 1937) kreuzt die Trachea rechts und teilt sich dann in einen **dorsalen** (60 - 80 mm langen und 3 - 4 mm dicken) und einen (110 - 130 mm langen und 5 - 6 mm starken) **ventralen Ramus subsegmentalis** für die beiden von SCHORNO (1955) beschriebenen Subsegmente der Pars caudalis des Lobus cranialis dexter. Die Arterien verbleiben in beiden Subsegmenten medial an den Bronchen (SCHORNO, 1955),

während GUZSAL (1955) und BURI (1911) das Gefäß des dorsalen Subsegments kaudal dem Bronchus anliegend sehen.

Tabelle 6: Literaturangaben zur Anzahl der Rami segmentales und subsegmentales des Ramus lobi cranialis dexter beim Rind.

Rr. seg.	Rr. subseg.	
2	-	BACKMAN (1937), WILKENS und MÜNSTER (1976)
2	2 + 2	BURI (1911), GUZSAL (1955), SCHORNO (1955), ZSEBÖK et al. (1955)

Ramus lobi medii

Er gibt beim Schaf nach lateral einen Ast für das dorsale Segment ab, um mit seinem fortlaufenden Anteil ein ventrales Segment zu durchbluten (SCHREIBER, 1954). Nach GUZSAL (1955) ist der Ramus lobi medii beim Rind nach ventral und lateral gerichtet und tritt lateral an den Lappenbronchus heran. Er teilt sich, wie auch SCHORNO (1955) und SPERANSKIJ (1964) feststellen, in einen dorsalen (3 mm stark und 40 mm lang) sowie einen ventralen Ast (6 mm dick und 120 - 150 mm lang), die immer lateral den Bronchen anliegen.

Ramus lobi accessorii

Diese ventromedial aus der Arteria pulmonalis dextra entspringende Arterie zweigt nach HARE (1955) beim Schaf 10 mm nach ihrem Ursprung einen Ast nach kaudal für ein dorsales Segment ab, während das fortlaufende Gefäß ein ventrales Segment versorgt. Bei der Ziege verhält sich diese Arterie nach GUZSAL (1955) analog. In der Rinderlunge verläuft der Ramus lobi accessorii zunächst über 40 - 60 mm fast horizontal nach kaudomedial, um sich dann medial dem Lappenbronchus anzulagern (GUZSAL, 1955; ZSEBÖK et al., 1955; SCHORNO, 1955). Parallel mit dem Bronchus teilt sich das Gefäß in einen (3 mm starken und 50 mm langen) Ast für das dorsale und einen (4 mm dicken und 60 mm) langen Ramus für das ventrale Segment (SCHORNO, 1955).

Ramus lobi caudalis

Beim Schaf entläßt er 2 Äste nach ventrolateral und 2 nach dorsal für die entsprechenden Segmente (SCHREIBER, 1954). HÄRTL (1942) erkennt hier jeweils 4 Äste nach ventrolateral bzw. dorsal. Der fortlaufende Endast durchblutet das unpaare Segmentum caudale. Dies bedeutet, daß bei dieser Spezies nur 9 Segmente unterschieden werden, während GUZSAL (1955) die Segmentierung und damit die Arterienaufzweigung der Rinderlunge auch beim kleinen Wiederkäuer sieht (s. u.).

Beim Rind gibt der Ramus lobi caudalis - analog zum Lappenbronchus - **dorsale, ventrale und mediale Segmentarterien** ab. Die Lappenarterie verläuft dabei nach SCHORNO (1955) und GUZSAL (1955) lateral zwischen den Dorsal- und Ventralbronchen. Die Segmentarterien kommen allgemein an der kraniallateralen Seite der Segmentbronchen zu liegen (ZSEBÖK et al., 1955; SCHORNO, 1955).

Die spirilige Linksdrehung (kaudale Ansicht) der Ursprünge dieser Dorsalbronchen bedingt nach BACKMAN (1937) und GUZSAL (1955) auch, daß die **dorsalen Segmentarterien** kaudalwärts ihren Ursprung von dorsolateral (1 - 2 Äste) über dorsal (1 Ast) nach dorsomedial (1 - 2 Äste) nehmen. Wie die Segmentbronchen richtet sich der Verlauf der dazugehörigen Gefäße zur Lappenbasis hin zunehmend nach kaudal aus. Ihre Gesamtlänge verringert sich kaudalwärts von 100 auf 60 mm und ihr Durchmesser von 6 auf 3 mm (BACKMAN, 1937). Diese Segmentarterien teilen sich nach 10 - 30 mm (SCHORNO, 1955) jeweils in einen kranialmedial und einen kaudolateral verlaufenden Ast. Der Autor bemerkt, daß der Ursprung der kranialmedialen Subsegmentarterie oft bereits ab dem zweiten Segment auf das Lappengefäß herabrückt und dadurch die typische Aufzweigung des Segmentgefäßes fehlen kann. Dieses Verhalten ist jedoch individuell verschieden ausgebildet.

Nach GUZSAL (1955) und SCHORNO (1955) verlagert sich der Ursprung der **ventralen Segmentarterien** kaudalwärts von ventrolateral (1-2 Gefäße) über lateral (1 Gefäß) nach dorsolateral (1 Gefäß). Sie entspringen dicht hinter den Abgängen der entsprechenden dorsalen Gefäße (BACKMAN, 1937). Dieser Autor sieht hier regelmäßig 4 Arterien. Kaudalwärts nimmt ihre Länge von 140 auf 90 mm und ihr Durchmesser von 7 auf 4 mm ab.

Die unregelmäßig vorhandenen 1 - 4 **medialen Segmente** erhalten ihren arteriellen Zufluß ebenfalls direkt aus dem Ramus lobi caudalis (SCHORNO, 1955). Neben diesen 2 - 3 mm starken Segmentarterien können noch jeweils 1 - 2 weitere Zweige vorkommen. SPERANSKIJ (1964) sieht hier nur 2 - 3 Segmentarterien.

Das **Segmentum caudale** wird direkt durch den nur noch 5 mm dicken Endast der Lappenarterie versorgt (SCHORNO, 1955; SPERANSKIJ, 1964).

Tabelle 7: Literaturangaben zur Anzahl der Rami segmentales des Ramus lobi caudalis dexter beim Rind.

Rami segmentales				
dorsal	ventral	medial	kaudal	
3 - 5	-	2 - 3	1	SPERANSKIJ (1964)
3 - 6	3 - 4	-	1	GUZSAL (1955)
3 - 6	3 - 4	1 - 4	1	SCHORNO (1955)
3 - 5	4	-	1	BACKMAN (1937)

A¹) Pulmo sinister

Rami lobi cranialis

Beim Schaf gehen von der Arteria pulmonalis sinister je eine Arterie (dorsolateral bzw. ventrolateral) für die beiden Segmente ab, die der Pars cranialis bzw. der Pars caudalis des linken Spitzenlappens entsprechen (SPERANSKIJ, 1964). Somit fehlt ein einheitlicher "Ramus lobi cranialis sinister". GUZSAL (1955) dagegen erkennt diesen einheitlichen Ramus lobi cranialis sinister beim kleinen Wiederkäuer wie auch beim Rind (s.u.).

Die Arteria pulmonalis sinistra gibt beim Rind 5 - 10 mm kranial des Bronchus für den Kraniallappen 1 oder 2 (etwa 120 mm lange) Äste für das kraniale und einen (120 - 140 mm langen) für das kaudale Segment ab (BACKMAN, 1937; SPERANSKIJ, 1964). Das heißt, es existiert auch beim Rind kein einheitlicher "Ramus lobi cranialis sinistri". Die Arterien liegen jeweils kraniolateral der Bronchen (ZSEBÖK et al., 1955).

Das kraniale Segment wird somit durch eine dorsolateral entspringende, 6 mm starke Segmentarterie versorgt, die sich nach 15 - 20 mm für das dorsale und das ventrale Subsegment aufzweigt. Diese Subsegmentarterien erreichen jeweils einen Durchmesser von 4 mm (BACKMAN, 1937). Es kann jedoch als Variante, wie sie SCHORNO (1955) beobachtet 10 mm weiter kaudal und lateral einen zusätzlichen, schwächeren Ast für das kaudale Subsegment hervorgehen.

Die 7 mm dicke Arterie des kaudalen Segmentes tritt ventrolateral aus der Arteria pulmonalis sinistra, um sich dann in einen 3 mm starken dorsalen und einen 5 mm dicken ventralen Ast für die beiden Subsegmente zu teilen (SCHORNO 1955).

GUZSAL (1955) beschreibt eine Lappenarterie, die sich nach 15 - 25 mm in eine "Arteria apicalis dorsalis", "ventralis" und "cranialis" verzweigt. Zusätzlich sieht er ein nach 10 mm von der sogenannten "Herzlappenarterie" abgehendes Gefäß, die "Arteria apicalis caudalis". Die Gefäße entsprechen Subsegmentarterien. Dieses Verhalten sieht SCHORNO (1955) nur als Ausnahme.

Tabelle 8: Literaturangaben zur Anzahl der Rami segmentales und subsegmentales des Ramus lobi cranialis sinister beim Rind.

Rr. seg.	Rr. subseg.	
2	-	BACKMAN (1937), SPERANSKIJ (1964)
2	2 + 2	SCHORNO (1955), GUZSAL (1955)

Ramus lobi caudalis sinistri

Er entläßt beim Schaf jeweils 2 Äste nach ventrolateral und nach dorsal für die entsprechenden Ventral- und Dorsalsegmente ab (SCHREIBER, 1954). HÄRTL (1942) sieht, wie an der rechten Lunge, 4 dorsale und 4 ventrale Arterienäste abzweigen, während GUZSAL (1955) die Arterienaufzweigung für den kleinen Wiederkäuer analog der des Rindes beschreibt (s. u.).

Beim Rind liegt der fortlaufende Ramus lobi caudalis sinistri - wie in der rechten Lunge - lateral zwischen den Dorsal- und den Ventralbronchen am Lappenbronchus (BACKMAN, 1937; GUZSAL, 1955). Nach SCHORNO (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) kommen die Segmentarterien wieder generell kraniallateral an den Bronchen zu liegen.

Die dorsalen Segmentarterien entspringen kaudalwärts entlang einer rechtsgerichteten Spirale (kaudale Ansicht) von dorsolateral (1 - 2 Äste) über dorsal (1 Ast) nach dorsomedial (1 - 2 Äste). Dieses Verhalten ist jedoch nicht so ausgeprägt wie an der rechten Lunge (BACKMAN, 1937; SCHORNO, 1955; SPERANSKIJ, 1964). Sie sind dabei zunehmend nach kaudal gerichtet und verringern ihren Durchmesser hierbei von 5 auf 3 mm und ihre Länge von 95 auf 60 mm (BACKMAN, 1937). GUZSAL (1955) sieht nur 3 bis 4 dorsale Segmentarterien. Sie

teilen sich wie an der rechten Lunge auf (SCHORNO, 1955).

Der Ursprung der **ventralen Segmentarterien** verlagert sich kaudalwärts von ventrolateral (1 - 2 Äste) über lateral (1 Ast) nach dorsolateral (1 Ast) (SCHORNO, 1955; BACKMAN, 1937). Ihre Länge nimmt dabei von 140 auf 80 mm und ihr Durchmesser von 7 auf 4 mm ab (BACKMAN, 1937). GUSZAL (1955) erkennt lediglich 4 ventrale Rami segmentales.

Die **medialen Segmente** werden - analog zur rechten Lunge - direkt aus dem Ramus lobi caudalis jeweils durch eine 2 - 3 mm starke Segmentarterie versorgt. SCHORNO (1955) zählt 1 - 5 Segmentäste, während SPERANSKIJ (1964) 2 - 3 feststellt.

Der 5 mm starke Endast der Lappenarterie durchblutet das **Segmentum caudale** (SCHORNO, 1955).

Tabelle 9: Literaturangaben zur Anzahl der Rami segmentales des Ramus lobi caudalis sinister beim Rind.

Rami segmentales				
dorsal	ventral	medial	kaudal	
3 - 5	-	2 - 3	1	SPERANSKIJ (1964)
3 - 4	4	-	1	GUSZAL (1955)
3 - 5	3 - 4	-	1	BACKMAN (1937)
3 - 5	3 - 4	1 - 5	1	SCHORNO (1955)

4.2 Nutritiv: Arteriae bronchiales

Das nutritive System wird über den aus der Arteria bronchooesophagea stammenden Ramus bronchialis mit arteriellem Blut versorgt. Als nutritive Gefäße werden die Bronchaläste erstmals 1808 von REISSEISEN und SÖMMERING beim Menschen beschrieben. Sie beschränken sich in ihrer Ausdehnung auf die Bronchen, die benachbarten Lymphknoten und die Pleura (KÜTTNER, 1878; KÖNIGSTEIN, 1903; CUDKOWICZ und ARMSTRONG, 1951; TÖNDURY, 1958; WEIBEL, 1959).

Aus der Arteria bronchooesophagea, die aus der Aorta thoracica entspringt, erkennt HÄRTL (1942) beim kleinen Wiederkäuer nur einen Ramus bronchialis zusammen mit einem Ramus oesophagus. An ihrem Ursprung in Höhe der fünften Rippe beträgt der Durchmesser der Arteria bronchooesophagea beim erwachsenen Tier 2 - 3 mm. Sie zieht geschlängelt nach kaudoventral und links über den Oesophagus zur Bifurcatio tracheae. Hierbei teilt sie sich nach 10 - 15 mm in die beiden obengenannten Äste. Nach KOWATSCHEV (1968) entspringen die "Arteria bronchialis" und "Arteria oesophagea" bei 6,5 % der Schaffeten getrennt. Der Ramus bronchialis gibt dorsal der Bifurkation zwei Äste beim Schaf bzw. einen Ast bei der Ziege für die beiden Stammbronchen ab. Auch das peritracheale Gewebe und der Bronchus trachealis werden dadurch versorgt (HÄRTL, 1942). Dagegen sieht BARER (1966) bei 7 Lämmerfeten die Bronchalarterien als Zweige der Pulmonalarterien.

CALKA (1967) unterscheidet beim Rind zwei Arten von nutritiven Lungenarterien, die entweder direkt aus der Aorta thoracica oder aus einer der 3 ersten dorsalen Interkostalarterien entspringen:

a) Bronchooesophagealarterien, die Bronchen und jenen den Luftwegen anliegenden Teil des Oesophagus durchbluten (67% der Fälle).

b) Bronchalarterien, die nur Bronchen versorgen (33% der Fälle).

Bei 24% der Tiere findet er nur ein, bei 76% zwei Gefäße, die aus der Aorta abgehen. In 98% der Fälle entspringen sie kaudal des Ligamentum arteriosum in Höhe des 7. Brustwirbels (WILKENS und MÜNSTER, 1976). Die Gefäße können nach CALKA (1967) untereinander Anastomosen ausbilden. Der Durchmesser der Arterien beträgt im Durchschnitt beim erwachsenen Rind 3,5 mm und beim Kalb 3,1 mm. Zusätzlich beschreibt der Autor ein separates Gefäß für den rechten Spitzenlappen, dessen Ursprung er nicht verfolgt.

Der *Ramus bronchialis* selbst teilt sich nahe der Luftröhrenbifurkation noch über dem Oesophagus in 2 Äste für die beiden Stammbronchen, die wiederum Zweige für die Lappen- und Segmentbronchen abgeben (CALKA, 1969). Die Arteria bronchooesophagea gibt oft schon vorher einen Zweig an den linken Spitzenlappen ab. In 34% der Fälle sieht der Autor dieses Gefäß direkt aus der Aorta thoracica entspringen. Die Bronchalarterien können in ihrem Verlauf an jeder Seite der Bronchen zu liegen kommen. Selten begleiten sie die Bronchen paarweise über eine kurze Strecke (CALKA, 1969). Die Lungenpleura wird durch Äste versorgt, die aus der Arteria bronchooesophagea oder einer ihrer beiden Rami entspringen.

4.3 Präkapillare Anastomosen zwischen den Pulmonal- und den Bronchalararterien

Nachdem RUYSCHE zum ersten Mal 1696 diese Anastomosen beschrieben hat, zeigte 1847 und 1851 VIRCHOW ihre Bedeutung auf. Er führte einem Hund kleine Gummikügelchen in die Vena jugularis ein und erzeugte damit eine Embolie größerer Pulmonalarterienäste. Drei Monate später zeigten sich bei der Sektion die betroffenen Lungenabschnitte gut belüftet und durchblutet. Schon mit bloßem Auge konnten arterio-arterielle bronchopulmonale Anastomosen gesehen werden, die die befallenen Bezirke versorgen. Später, 1875, erkennt COHNHEIM die Pulmonalgefäße dagegen als reine Endgefäße. MILLER (1906 und 1937) erklärt die auch von anderen Autoren (ZUCKERKANDL, 1883; KONASCHKO, 1926; LAPP, 1951; ELLIS ET AL., 1952; TÖNDURY und WEIBEL, 1956) gefundenen Anastomosen als Vasa vasorum der Arteria pulmonalis.

Da HÄRTL (1942) keine Vena bronchialis findet, untersucht er Lungen von meist erkrankten Schafen und Ziegen auf bronchopulmonale Anastomosen. Dabei stellt er bei 8 von 13 Lungen durch Injektion mit einer Berliner-Blau-Lösung Verbindungen zwischen den Bronchal- und Pulmonalararterien fest. Die restlichen 5 Lungen waren nicht voll auswertbar, da kleinere Gefäße bei der Injektion zerrissen. Er betont, daß präkapillare Anastomosen bei größeren Arterienstämmen fehlen. Bei fetalen und neugeborenen Lämmern und Zicken findet BARER (1966) zahlreiche geschlängelte Anastomosen. Während der Autor diese beim erwachsenen, gesunden Tier nur mehr eingeengt und sehr selten sieht, beobachtet er sie bei einer Lungenerkrankung vermehrt.

Beim Rind beschreibt CASTIGLI (1954) zahlreiche arterielle Verbindungen im bronchopulmonalen Gewebe. Auch CALKA (1969) findet Anastomosen, die aus 1 - 4 Ästen bestehen und in beiden Lungen gleich häufig vorkommen. Beim erwachsenen Tier erkennt er sie nur bei 29% der untersuchten Lungen, während er sie beim Kalb in 2/3 der Fälle findet. In der erkrankten Lunge sind sie jedoch immer vorhanden, wobei sie in den Hinterlappen bevorzugt auftreten. Übereinstimmend mit v. HAYEK (1940) und TURNER-WARWICK (1963) erklärt der Autor das Fehlen von Anastomosen in manchen Lungen oder Lungenabschnitten damit, daß es sich um Sperrarterien handelt, die nur zeitweise offen sind und deshalb nicht immer nachgewiesen werden können, obwohl sie regelmäßig vorhanden sind. Ihr Durchmesser beträgt nach CALKA (1969) beim Rind bis zu 2 mm. Sie treten im Bindegewebe von 1 - 6 mm starken Pulmonalarterien und von 4 - 12 mm dicken Bronchen auf.

Material und Methodik

50 Rinderfeten (Deutsches Fleckvieh) aus dem Münchner Schlachthof wurden untersucht. Ihre Scheitelsteißlänge betrug von 160 bis 890 mm und ihr Gewicht von 300 bis 49000 g. Die Feten wurden in 8 Gruppen mit einer Klassenbreite von 100 mm geordnet (siehe Tabelle 10). Die Gruppe 9 besteht aus neugeborenen Kälbern, die von der Gynäkologischen Tierklinik der Universität München dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurden. Die untersuchten Lungen zeigten makroskopisch keine pathologischen Veränderungen.

Tabelle 10: Gruppeneinteilung der Präparate:

Gruppe: SSL in mm

1	: 160, 170, 170, 190
2	: 230, 240, 260, 270, 270, 280, 280, 290
3	: 300, 300, 310, 330, 370, 370, 390, 390
4	: 430, 450, 450, 460, 460, 470, 480, 480
5	: 500, 500, 520, 530, 530, 550, 560, 580, 580
6	: 600, 620, 630, 650, 660
7	: 710, 730, 740, 760
8	: 800, 810, 830, 890
9	: 940, 980, 1000

Makroskopische Untersuchung:

Um eine Übersicht über die Lage der Gefäße und der Bronchen zueinander zu erhalten, wurden zusätzlich zwei Lungen (SSL 610mm und 700 mm) präpariert. Dazu wurden sie 3 Tage in 10%iger Formalinlösung fixiert. Durch Zupfen und Schaben mit der anatomischen Pinzette und dem Skalpell wurden dann die Gefäße und die Bronchen freigelegt.

Injektionsmethoden

1) Für die Injektionspräparate wurde Tensolciment (Fa. Klentze & Co, Mönckebergstr. 18, 2000 Hamburg) nach dem Verfahren von BUGGE (1963) verwendet.

a) Orthograde Injektion:

Nach Eröffnen der linken Brustfellhöhle im Bereich der 2. - 6. Rippe wurde der Ductus arteriosus abgebunden und die Pulmonalarterien über den Truncus pulmonalis mit Kunststoff gefüllt. Hierzu wurde über die rechte Herzkammer bei Feten bis 700 mm SSL eine Knopfkanüle, bei größeren Feten und Neonati ein Plastikschauch in den Truncus pulmonalis eingeführt. Lungenarterien von Feten über 700 mm SSL wurden auch am exenterierten Organ injiziert.

b) Retrograde Injektion:

Die retrograde Injektion erfolgte über die Aorta abdominalis. Hierzu wurde die Bauchfellhöhle eröffnet und eine Knopfkanüle in das Gefäß eingebunden. Zur Konzentrierung des Kunststoffes auf den Brustbereich wurden die Arteriae carotideae communes, die Arteriae subclaviae und kranial der Leber die Vena cava caudalis ligiert. Auf diese Weise wurden bei der Injektion auch die Bronchalarterien erfaßt.

c) Injektion des Bronchalbaums:

In jeder Fetengruppe wurde mindestens ein Injektionspräparat des Bronchalbaums angefertigt. Hierzu wurde in situ, bei größeren Lungen auch am exenterierten Organ, ein Plastikschauch in die Trachea eingebunden und Tensolciment injiziert.

d) In drei Fällen (Fetengruppe 4, 5 und 6) wurden die Verfahren a) und c) kombiniert angewandt, um die Lagebeziehung der Pulmonalarterien zu den Bronchen beurteilen zu können.

Nach der Injektion härteten die Präparate im Kühlraum, in einem wassergefüllten Gefäß in einer Zeit von 24- 48 Stunden aus. Für die folgende Mazeration wurde 45%iger Kalilauge mit einer Temperatur von 50° Celsius im Brutschrank verwendet. Anschließend wurden die letzten Gewebsreste im heißen Überlaufbad entfernt.

2) Versuchsweise wurde nach dem Verfahren 1a) bzw. 1c) jeweils eine Latexinjektion (Gummimilch) der Pulmonalarterien bzw. des Bronchalbaums vorgenommen. Die Härtung erfolgte hierbei über 48 Stunden in 10%iger Formalinlösung. Danach wurden die Lungen in 15%iger Salzsäure bei 50° Celsius 48 Stunden im Brutschrank korrodiert.

Die Auswertung und Ausmessung der erhaltenen Korrosionspräparate erfolgte mit einem Stechzirkel.

ERGEBNISSE

Vorbemerkung zu den Angaben von Ursprung, Durchmesser, Länge und Winkel:

Im folgenden beziehen sich die Angaben für die Abstände der Ursprünge einzelner Bronchen von der Bifurkation der Trachea (bzw. der Abstand der Arterienursprünge von der Teilungsstelle des Truncus pulmonalis), sowie die Maßangaben ihrer Durchmesser und Verlaufsängen auf die vorgefundene Spannweite ihrer Mittelwerte. Die erste Zahl gibt den Mittelwert der Meßwerte in der Fetengruppe 1 und die zweite jenen in der Gruppe 9 (Neugeborene Kälber) an. Zum Beispiel bedeutet " $\varnothing$: 1,6 - 8 mm", daß der Mittelwert der Durchmesser in der Gruppe 1: 1,6 mm und in der Gruppe 9: 8 mm beträgt.

Bei den Winkelangaben für die Bronchen (bzw. die Arterien) wird der spitze Winkel zwischen den Achsen des Stammes und des abgehenden Bronchus (bzw. Ramus arteriosus) gemessen. Die beiden Zahlen ergeben die vorgefundene Spannweite aus den Gruppen 1 - 9.

1. Arbor bronchialis (Lappen-, Segment- und Subsegment-bronchen)

A) Pulmo dexter

Bronchus trachealis

Der **Bronchus trachealis** (Abb. 1 und 2/a) ($\varnothing$: 1,6 - 8 mm) entspringt in einem Abstand von 12 - 42 mm kranial der Bifurkation aus der rechten Wand der Trachea direkt nach lateral in einem Winkel von 85° - 95° . Nach einer Länge von 2 - 6 mm gabelt er sich in einen kranialen und einen kaudalen Segmentbronchus für die Pars cranialis (A1) bzw. caudalis (A2) des Lobus cranialis dexter.

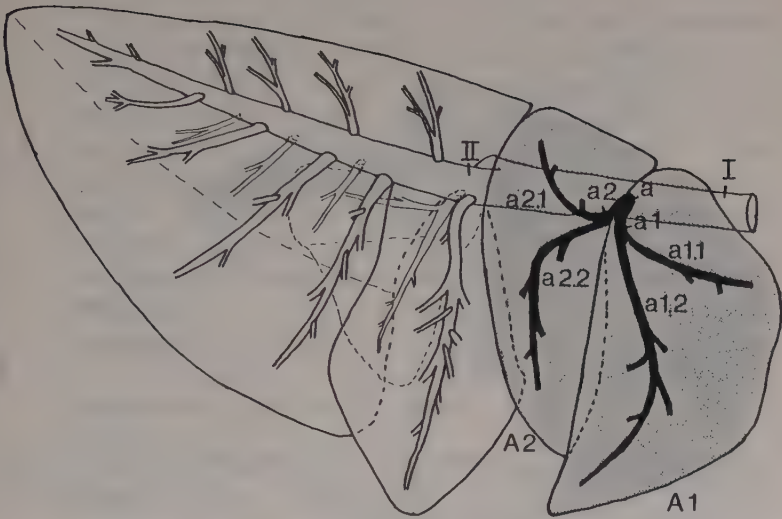


Abb. 1: Arbor bronchialis und Segmente des Lobus cranialis der rechten Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

A1 Pars cranialis = Segmentum craniale

A2 Pars caudalis = Segmentum caudale

I Trachea

II Bronchus principalis dexter

a Bronchus trachealis

a1 Bronchus segmentalis cranialis

a1.1 Bronchus subsegmentalis dorsalis

a1.2 Bronchus subsegmentalis ventralis

a2 Bronchus segmentalis caudalis

a2.1 Bronchus subsegmentalis dorsalis

a2.2 Bronchus subsegmentalis ventralis



2

Abb. 2: Arbor bronchialis der rechten Lunge eines Rinderfeten (SSL = 370 mm), Korrosionspräparat (Tensolciment), laterale Ansicht.

I Trachea

II Bronchus principalis dexter

a Bronchus trachealis

b Bronchus lobi caudalis

b1 (I.) Bronchus segmentalis dorsalis

b2 (I.) Bronchus segmentalis ventralis

b3 (I.) Bronchus segmentalis medialis

c Bronchus lobi medii

d Bronchus lobi accessorii

Der **Bronchus segmentalis cranialis** (Abb. 1/a1) ($\emptyset$: 1 - 5 mm) zieht nach kranioventral und teilt sich nach 2 - 7 mm in einen dorsalen (a1.1) und einen ventralen (a1.2) Subsegmentbronchus. Der dorsale ($\emptyset$: 0,4 - 2,5 mm, Länge: 8 - 38 mm) ist nach kranial gerichtet, während der stärkere ventrale ($\emptyset$: 1 - 3,5 mm) nach kranioventral verläuft (Länge: 14 - 76 mm). Dieser längere ventrale Subsegmentbronchus belüftet mit einem starken Ast auch den links der Medianen gelegenen Teil der Pars cranialis.

Der **Bronchus segmentalis caudalis** (a2) ($\emptyset$: 0,8 - 4 mm) teilt sich nach 2,5 - 11 mm in den **Bronchus subsegmentalis dorsalis** (a2.1) ($\emptyset$: 0,4 - 2,5 mm; Länge: 7 - 31 mm) und den wiederum längeren **Bronchus subsegmentalis ventralis** (a2.2) ($\emptyset$: 1 - 3 mm; Länge: 13 - 58 mm).

Auffallend ist die in allen Fetengruppen vorkommende doppelte Länge der Bronchi subsegmentales ventrales gegenüber der der Bronchi subsegmentales dorsales im selben Segment (siehe Tab. 11).

Fetale Größenveränderungen:

a) **Durchmesser** (siehe Tab. 11): Die Durchmesser der untersuchten Bronchen des Lobus cranialis dexter steigen in den Fetengruppen 1 - 9 im allgemeinen linear an.

Korrespondierend zum größeren Versorgungsgebiet ist der Durchmesser des Bronchus segmentalis cranialis ab der Gruppe 4 immer etwas größer als der des Bronchus segmentalis caudalis. Auffällig erscheint auch das Verhältnis der Durchmesser der Bronchi subsegmentales (dorsalis et ventralis) beider Segmentbronchen zueinander. Bis zur Fetengruppe 3 (SSL 300 - 400 mm) ist jeweils der ventrale etwa doppelt so stark wie der dorsale, während sich mit zunehmendem Fetenalter dieses Verhältnis nahezu angleicht.

Tab. 11: Durchmesser der Bronchen des Lobus cranialis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. trachealis	1,6	2	3	4	4,5	5	6	7	8
Br. seg. cran.	1	1,5	2	3	3,5	4	4,5	4,5	5
Br. subseg.									
dorsalis	0,4	0,5	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5
ventralis	1	1,5	2	2,5	2,5	3	3	3	3,5
Br. seg. caud.	1	1,5	2	2,5	2,5	3	3,5	4	4
Br. subseg.									
dorsalis	0,4	0,5	1	1,5	1,5	2	2	2	2,5
ventralis	0,8	1	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3

b) **Längen** (siehe Tab. 12): Auch die Längen der Bronchen nehmen mit einer Ausnahme kontinuierlich zu. Diese Ausnahme bildet der Bronchus segmentalis cranialis in den Gruppen 7 - 9, in denen seine Länge unregelmäßig zwischen 4 und 7 mm schwankt, obwohl er in der Gruppe 6 schon eine Länge von 8 mm aufweist. In diesen Fällen variiert die Teilungsstelle für die Bronchi subsegmentales.

Tab. 12: Längen der Bronchen des Lobus cranialis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. trachealis	2	2,5	3	4	4	5	5	5	6
Br. seg. cran.	2	3,5	5	6	7	8	4	6	7
Br. subseg.									
dorsalis	8	12	16	23	30	32	34	36	39
ventralis	14	28	37	45	52	61	65	71	76
Br. seg. caud.	2,5	4,5	4	6	6	7	8	10	11
Br. subseg.									
dorsalis	7	11	12	19	20	24	26	27	31
ventralis	13	22	26	37	38	40	48	54	58

Bronchus lobi medii (Abb. 2 und 3/c)

Der Mittellappen wird, 3 - 11 mm kaudal von der Bifurcatio tracheae, durch den aus dem rechten Stammbronchus in einem Winkel von 50° - 75° nach ventrolateral entspringenden **Bronchus lobi medii** belüftet. Er gibt, vorwiegend nach kranial, medial und kaudal, insgesamt 5 - 9 "Segmentbronchi" ab. Der Lappenbronchus hat dabei während der Fetalentwicklung einen Durchmesser von 1,6 - 5 mm und eine Länge von 20 - 112 mm. Von der Messung der Durchmesser und der Längen dieser "zahlreichen Segmentbronchi" wurde aufgrund der durch die Variationen in ihrer Anzahl bedingten Vielfalt abgesehen.

Fetale Größenveränderungen: (siehe Tab. 13)

Der Durchmesser und die Länge des **Bronchus lobi medii** nehmen kontinuierlich in den Fetengruppen 1 - 9 zu.

Überraschend ist der gegenüber der Länge des **Bronchus subsegmentalis ventralis** der **Pars caudalis lobi cranialis dexter** doppelt so lange, jedoch topographisch vergleichbare Verlauf des **Bronchus lobi medii**. Dies ist ein Ausdruck für die Ausdehnungsmöglichkeit des Mittellappens kaudolateral des Herzens.

Tab. 13: Durchmesser und Längen des **Bronchus lobi medii** der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Durchmesser	1,6	2	2,2	3	3	3,5	3,5	4	5
Längen	20	27	40	57	66	78	82	101	112

Bronchus lobi accessorii

Dieser **Bronchus** (Abb. 2 und 3/d) ($\emptyset$: 1,2 - 4 mm) entspringt in einem Abstand von 4 - 11 mm von der Luftröhrengabelung entfernt in einem Winkel von 50° - 70° nach ventromedial aus dem rechten Stammbronchus. Er teilt sich nach 3 - 11 mm in einen dorsalen (Abb. 3/d1) ($\emptyset$: 0,5 - 1,8 mm, Länge: 5 - 27 mm) und einen wesentlich stärkeren und doppelt so langen ventralen **Segmentbronchus** (d2) ($\emptyset$: 1 - 3 mm, Länge: 11 - 64 mm)

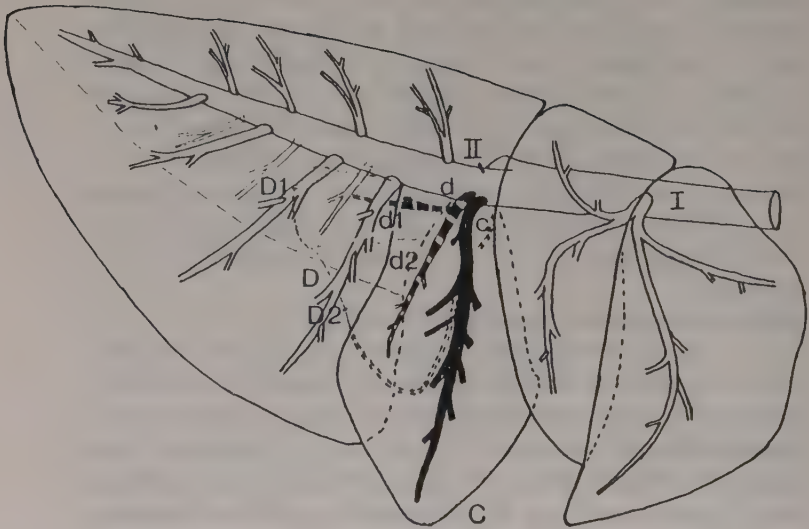


Abb. 3: Arbor bronchialis und Segmente des Lobus medius (C) und des Lobus accessorius (D) der rechten Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

- D1 Segmentum dorsale
- D2 Segmentum ventrale
- I Trachea
- II Bronchus principalis dexter
- c Bronchus lobii medii
- d Bronchus lobii accessorii
- d1 Bronchus segmentalis dorsalis
- d2 Bronchus segmentalis ventralis

auf. Der dorsale zieht leicht ventral geneigt nach kaudal, während der ventrale stark nach ventral und etwas nach kaudal verläuft.

Fetale Größenveränderungen:

a) **Durchmesser** (Tab. 14): Die Durchmesser der untersuchten Bronchen des Lobus accessorius steigen in den Fetengruppen 1 - 9 linear an.

Übereinstimmend zu seinem größeren Versorgungsgebiet ist die Dicke des Bronchus segmentalis ventralis deutlich stärker als die des Bronchus segmentalis dorsalis.

Tab. 14: Durchmesser der Bronchen des Lobus accessorius der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi acc.	1,2	1,5	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Br. seg. dors.	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1,5	1,5	1,8
Br. seg. ventr.	1	1	1,5	2	2	2,5	2	2,5	3

b) **Längen** (Tab. 15): Auch die Längen nehmen kontinuierlich mit der wachsenden Scheitelsteißlänge zu. Korrespondierend zum Durchmesser (siehe oben) zeigt die Länge des Bronchus segmentalis ventralis etwa doppelt so große Messwerte wie die des Bronchus segmentalis dorsalis.

Tab. 15: Längen der Bronchen des Lobus accessorius der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi acc.	3	5	4	7	8	8	9	10	11
Br. seg. dors.	5	6	12	18	18	21	21	24	27
Br. seg. ventr.	11	15	29	36	43	44	49	57	64

Bronchus lobi caudalis (Abb. 2 und 4/b)

Mit der Abgabe des Bronchus lobi accessorii wird der Stammbronchus nach 6 - 12 mm zum **Bronchus lobi caudalis** ($\emptyset$: 3 - 9 mm, Länge: 28 - 104 mm). Er gibt dorsale, ventrale und mediale Segmentbronchen in kaudal gerichteten Reihen ab. Sie werden kaudalwärts jeweils um 25 - 50 % kürzer und zunehmend stärker nach kaudal geneigt (insbesondere die Ventralbronchen). Die folgenden Maßangaben beziehen sich jeweils nur auf den ersten Bronchus jeder Segmentbronchenreihe.

Die 4 (in einem Fall der Gruppe 4: 5) **dorsalen Segmentbronchen** (b1) ($\emptyset$: 1 - 4 mm, Länge: 10 - 51 mm) nehmen ihren Ursprung dorsal am Lappenbronchus und ziehen nach kaudodorsal. Sie zweigen sich jeweils in einen medialen und einen lateralen Subsegmentbronchus auf.

Die regelmäßig vorhandenen 4 **Ventralbronchen** (b2) ($\emptyset$: 1 - 4 mm, Länge: 20 - 80 mm) entspringen ventrolateral und ziehen in die gleiche Richtung. Kaudalwärts richten sie sich sukzessive nach kaudal aus und verlagern hierbei ihren Ursprung nach lateral.

Ventromedial treten 3 (in einem Präparat der Gruppe 3: 4) **mediale Segmentbronchen** (b3) ($\emptyset$: 0,8 - 2,5 mm, Länge: 11 - 42 mm) aus dem Lappenbronchus. Sie ziehen nach ventromedial.

Mit seinem Endstück = **Bronchus segmentalis caudalis** (b4) ($\emptyset$: 1,2 - 3,5 mm, Länge: 10 - 33 mm) belüftet der Bronchus lobi caudalis das Segmentum caudale.

Fetale Größenveränderungen:

Bei der Messung der fetalen Größenveränderungen (Durchmesser, Länge) werden für die dorsalen, ventralen und medialen Segmentbronchen jeweils nur der I. Bronchus herangezogen, denn die jeweils folgenden zeigen keine qualitativen Unterschiede.

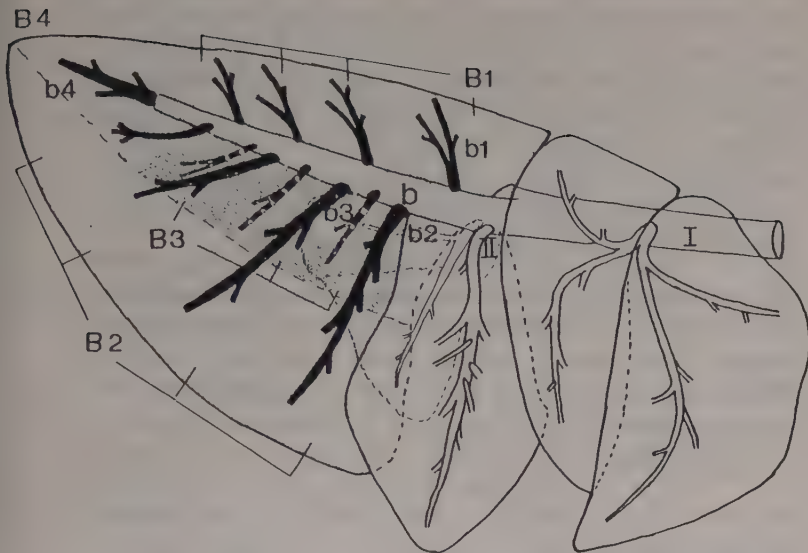


Abb. 4: Arbor bronchialis und Segmente des Lobus caudalis der rechten Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

- B1 Segmenta dorsalia
- B2 Segmenta ventralia
- B3 Segmenta medialia
- B4 Segmentum caudale
- I Trachea
- II Bronchus principalis dexter
- b Bronchus lobī caudalis
- b1 (I.) Bronchus segmentalis dorsalis
- b2 (I.) Bronchus segmentalis ventralis
- b3 (I.) Bronchus segmentalis medialis
- b4 Bronchus segmentalis caudalis

a) **Durchmesser** (Tab. 16): Die Durchmesser der untersuchten Bronchen des Lobus caudalis dexter nehmen kontinuierlich in den Fetengruppen 1 - 9 zu. Bereits in der Gruppe 1 sind der Bronchus segmentalis dorsalis I, der Bronchus segmentalis ventralis I und der Bronchus segmentalis caudalis in etwa gleich stark. Dieses Verhältnis wird bis zur Gruppe 9 beibehalten. Lediglich die Dicke des Bronchus segmentalis medialis I bleibt immer hinter der der anderen Bronchen zurück.

Tab. 16: Durchmesser von Bronchen des Lobus caudalis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi caud.	3	4	4	5	6	7	7	8	9
Br. seg. dors.I	1	1,5	1,5	2	2,5	3	3,5	3,5	4
Br. seg. ventr.I	1	2	2	2,5	3	3	3,5	3,5	4
Br. seg. med.I	0,8	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	2,5
Br. seg. caud.	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5

b) **Längen** (Tab. 17): Auch die Längen nehmen mit der Scheitelsteißlänge linear zu. Hier besitzt der Bronchus segmentalis ventralis I im Vergleich zu den anderen Segmentbronchen von der Gruppe 1 bis zur Gruppe 9 die größte Ausdehnung.

Tab. 17: Längen von Bronchen des Lobus caudalis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi caud.	28	30	50	58	70	78	85	93	104
Br. seg. dors.I	10	13	20	29	30	30	34	43	51
Br. seg. ventr.I	20	27	42	49	49	54	58	75	80
Br. seg. med.I	11	15	18	30	30	31	34	37	42
Br. seg. caud.	10	12	20	20	24	26	24	29	33

A') Pulmo sinister

Bronchus lobi cranialis (Abb. 5 und 7/a')

Der Bronchus ($\emptyset$: 1,6 - 5,5 mm) zweigt in einem Abstand von 11 - 15 mm kaudolateral der Bifurcatio tracheae entfernt in einem Winkel von 30 - 50° aus dem linken Stammbronchus nach lateral ab. Er teilt sich nach 4 - 11 mm in einen Bronchus segmentalis cranialis (Abb. 5 a'1) et caudalis (a'2) für die Pars cranialis und caudalis des Lobus cranialis sinister.

Der kraniale Segmentbronchus (Abb. 5/a'1) ($\emptyset$: 1 - 3,5 mm) zieht nach kranial und entläßt nach 3 - 18 mm einen dorsalen (a'1.1) und einen ventralen (a'1.2) Subsegmentbronchus. Der direkt nach ventral verlaufende Bronchus segmentalis caudalis (a'2) verästelt sich baumartig, so daß hier eine weitere Einteilung in Subsegmente nicht sinnvoll erscheint.

Fetale Größenveränderungen:

a) Durchmesser (Tab. 18): Bei den vermessenen Bronchen des Lobus cranialis sinister steigt die Dicke stetig an. Die beiden Bronchi segmentales sind bis zur Gruppe 6 etwa gleich stark, danach überwiegt der Durchmesser des kaudalen Segmentbronchus bis zur Geburt geringfügig.

Tab. 18: Durchmesser der Bronchen des Lobus cranialis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi cran.	1,6	2	3	3,5	3,5	4	4,5	5	5,5
Br. seg. cran.	1	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5
Br. subseg.									
dorsalis	0,7	1,1	1,5	1,5	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6
ventralis	0,7	1	1,6	1,7	1,8	1,8	2	2,7	2,8
Br. seg. caud.	1	1,8	2	2,5	2,5	2,5	3,5	4	4

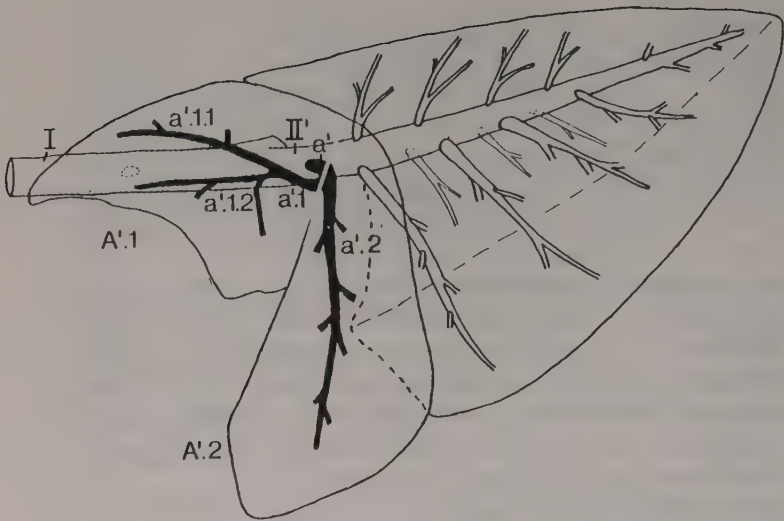


Abb. 5: Arbor bronchialis und Segmente des Lobus cranialis der linken Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

A`1 Pars cranialis = Segmentum craniale

A`2 Pars caudalis = Segmentum caudale

I Trachea

II` Bronchus principalis sinister

a` Bronchus lobi cranialis

a`1 Bronchus segmentalis cranialis

a`1.1 Bronchus subsegmentalis dorsalis

a`1.2 Bronchus subsegmentalis ventralis

a`2 Bronchus segmentalis caudalis

b) **Längen** (Tab. 19): Bei der Messung der Bronchenlängen erweisen sich diese von der Gruppe 1 zur Gruppe 9 als linear zunehmend. Der Bronchus segmentalis cranialis erreicht in allen Fetengruppen nur etwa ein Fünftel der Länge des Bronchus segmentalis caudalis, da er sich regelmäßig in einen dorsalen und einen ventralen Subsegmentbronchus aufspaltet.

Tab. 19: Längen der Bronchen des Lobus cranialis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi cran.	4	4	5	7	8	10	10	10	11
Br. seg. cran.	3	4	4	6	7	8	12	15	18
Br. subseg.									
dorsalis	12	18	20	23	28	34	41	47	52
ventralis	11	20	21	25	30	33	39	48	51
Br. seg. caud.	18	20	28	32	38	40	53	71	82

Bronchus lobi caudalis (Abb. 6 und 7/b`)

Nach der Abgabe des Bronchus cranialis sinister wird der linke Stammbronchus 6 - 17 mm von der Bifurkation der Trachea entfernt zum **Bronchus lobi caudalis** ($\emptyset$: 2,5 - 8,5 mm, Länge: 27 - 96 mm). Er entläßt dorsale, ventrale und mediale Segmentbronchen. Sie werden kaudalwärts jeweils um $1/4$ bis $1/2$ kürzer und dünner, wobei besonders die Ventralbronchen zunehmend deutlich kaudal geneigt sind.

Die 4 (in einem Fall der Gruppe 4: 5) **dorsalen Segmentbronchen** (Abb. 6/b`1) ($\emptyset$: 1 - 4 mm, Länge: 9 - 46 mm) entspringen dorsal in einer Linie aus dem Lappenbronchus. Sie teilen sich regelmäßig in einen **medialen** und einen **lateralen Subsegmentbronchus** auf.

Nach ventrolateral ziehen 4 **ventrale Segmentbronchen** (b`2) ($\emptyset$: 1 - 3,5 mm, Länge: 19 - 75 mm), die kaudalwärts ihren Ursprung von ventrolateral nach lateral verlagern. Auch sie sind zunehmend nach kaudal gerichtet.

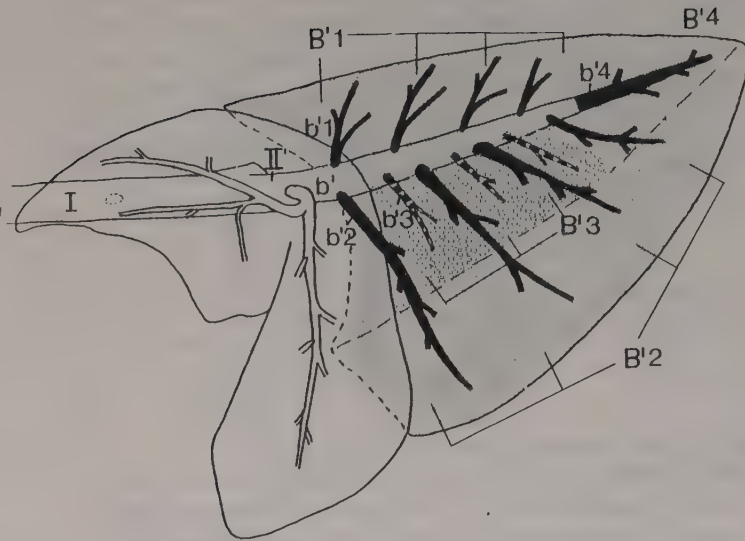


Abb. 6: Arbor bronchialis und Segmente des Lobus caudalis der linken Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

B'1 Segmenta dorsalia

B'2 Segmenta ventralia

B'3 Segmenta medialis

B'4 Segmentum caudale

I Trachea

II' Bronchus principalis sinister

b' Bronchus lobi caudalis

b'1 (I.) Bronchus segmentalis dorsalis

b'2 (I.) Bronchus segmentalis ventralis

b'3 (I.) Bronchus segmentalis medialis

b'4 Bronchus segmentalis caudalis

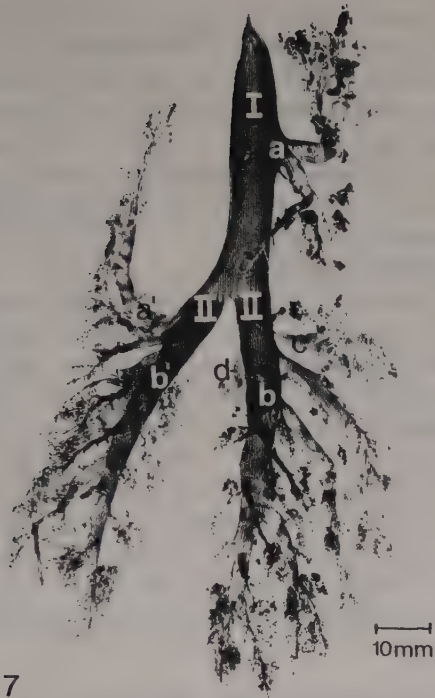


Abb. 7: Arbor bronchialis der Lungen eines Rinderfeten (SSL = 540 mm), Korrosionspräparat (Tensolciment), dorsale Ansicht.

- I Trachea
- II Bronchus principalis dexter
- II' Bronchus principalis sinister
- Bronchus trachealis
- b Bronchus lobi caudalis dextri
- c Bronchus lobi medii
- d Bronchus lobi accessorii
- a' Bronchus lobi cranialis sinistri
- b' Bronchus lobi caudalis sinistri

Die 3 (in einem Präparat der Fetengruppe 3: 2) **medialen Segmentbronchen** (b`3) ($\emptyset$: 0,8 - 2,5 mm, Länge: 7 - 28 mm) zweigen ventromedial ab und verlaufen in gleicher Richtung weiter.

Der Endast = **Bronchus segmentalis caudalis** (b`4) ($\emptyset$: 1 - 3 mm, Länge: 10 - 32 mm) des Lappenbronchus belüftet das Segmentum caudale.

Fetale Größenveränderungen:

Bei den fetalen Größenveränderungen wird für die dorsalen, ventralen und medialen Segmentbronchen jeweils der I. Bronchus herangezogen, da die kaudal folgenden keine qualitativen Unterschiede zeigen.

a) **Durchmesser** (Tab. 20): Kontinuierlich steigen die Durchmesser dieser I. Bronchen, des Bronchus segmentalis caudalis und des Bronchus lobi caudalis sinistri in den Fetengruppen 1 bis 9 an. Wie an der rechten Lunge bleibt die Dicke der dorsalen und ventralen Segmentbronchen und die des Bronchus segmentalis caudalis innerhalb der Gruppen in etwa gleich.

Tab. 20: Durchmesser der Bronchen des Lobus caudalis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi caud.	2,5	3,5	4	4,5	5	6	6	8	8,5
Br. seg. dors.I	1	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3,5	4
Br. seg. ventr.I	1	1,5	2	2,5	3	3	3,5	3,5	3,5
Br. seg. med.I	0,8	1	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,5
Br. seg. caud.	1	1,5	1,8	2	2,5	2,5	2,5	3	3

b) **Längen** (Tab. 21): Die Längen des Bronchus lobi caudalis sinistri, der I. Segmentbronchen und des Bronchus segmentalis caudalis nehmen mit zunehmender Scheitelsteißlänge beständig zu. Der Bronchus segmentalis ventralis I weist, wie an der rechten Lunge, in allen Gruppen die größte Länge unter den Segmentarterien auf.

Tab. 21: Längen der Bronchen des Lobus caudalis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br. lobi caud.	27	30	42	57	67	74	82	88	96
Br. seg. dors.I	9	13	19	28	29	31	33	42	46
Br. seg. ventr.I	19	25	32	46	52	54	60	72	75
Br. seg. med.I	7	8	15	17	20	20	19	22	28
Br. seg. caud	10	11	18	23	23	25	28	31	32

2. Truncus pulmonalis und Arteriae pulmonales

Der dorsal aus dem Conus arteriosus des rechten Ventrikels tretende Truncus pulmonalis (Durchmesser dicht kranial seiner Gabelung: 2 - 26 mm) teilt sich kurz vor der Höhe der Luftröhrenbifurkation in einem Winkel von 40° bis 50° in die Arteria pulmonalis dextra ($\varnothing$: 1,4 - 20 mm, Länge: 8 - 43 mm) und die Arteria pulmonalis sinistra ($\varnothing$: 1.4 - 18 mm, Länge: 6 - 33 mm).

Fetale Größenänderungen:

a) Durchmesser (Tab. 22): Die Dicken des Truncus pulmonalis und der Arteria pulmonalis dextra bzw. sinistra steigen bis zur Fetengruppe 5 langsam an. Bis zur Gruppe 9 kommt es dann zu einer wesentlich vermehrten Zunahme der absoluten Wachstumsraten. Der Durchmesser der linken Lungenarterie ist während der Entwicklung, außer in der Gruppe 1, in der sie gleich sind, immer etwas geringer als der der rechten.

Tab. 22: Durchmesser des Truncus pulmonalis sowie der Arteria pulmonalis dextra und sinistra der Gruppen 1- 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tr. pulmonalis	2	2,9	3,7	4,8	7	11	16,5	19,5	26
A. pulm. dext.	1,4	2	2,8	3,7	5	8,5	10,5	14	20
A. pulm. sin.	1,4	1,9	2,4	3,3	4,2	7	9	12,5	18

b) Längen (Tab. 23): Wie die Durchmesser zeigen auch die fetalen Längen der Arteria pulmonalis dextra und sinistra ein kontinuierliches Ansteigen. Die größten absoluten Steigerungsraten sind wiederum vor der Geburt zu sehen, wobei das relative Wachstum von der Gruppe 1 zur Gruppe 2 und von der Gruppe 8 zur Gruppe 9 am größten ist.

Tab. 23: Längen der Arteria pulmonalis dextra und sinistra der Gruppen 1- 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A. pulm. dext.	8	12	15	19	22	26	27	34	43
A. pulm. sin.	6	9	14	15	20	23	23	25	33

Die arteriellen Rami lobares pulmonorum

A) Pulmo dexter

Ramus lobi cranialis (Abb. 8 und 9/a)

1 - 5 mm von der Aufzweigung des Truncus pulmonalis entfernt, verläßt der Ramus lobi cranialis ($\emptyset$: 0,9 - 12 mm, Länge: 3 - 18 mm) die Arteria pulmonalis dextra lateral in einem Winkel von 60 - 75°. Er gibt zwei Rami segmentales für das kraniale (A1) bzw. das kaudale Segment (A2) dieses Lappens ab. Bei den untersuchten Präparaten wird in einem Drittel der Fälle (14 Präparate) beobachtet, daß die beiden Rami segmentales hintereinander direkt aus der Arteria pulmonalis dextra entspringen, ohne daß ein Ramus lobaris vorhanden ist.

Der Ramus segmentalis cranialis (Abb. 8/a1 = "Ramus ascendens" der NOMINA ANATOMICA VETERINARIA 1983) ($\emptyset$: 0,6 - 8 mm, Länge: 6 - 30 mm) zieht nach kraniolateral und teilt sich in einen dorsalen (a1.1) ($\emptyset$: 0,3 - 3,5 mm, Länge: 12 - 83 mm) und einen deutlich stärkeren ventralen Ramus subsegmentalis (a1.2) ($\emptyset$: 0,4 - 5,5 mm, Länge: 21 - 131 mm) für die beiden Subsegmente.

Der Ramus segmentalis caudalis (a2 = Ramus descendens, NOMINA ANATOMICA VETERINARIA 1983) ($\emptyset$: 0,5 - 6,5 mm, Länge: 2 - 16 mm) zieht kaudolateral und zweigt sich in einen dorsalen (a2.1) ($\emptyset$: 0,2 - 3 mm, Länge: 10 - 52 mm) und einen ventralen Ramus subsegmentalis (a2.2) ($\emptyset$: 0,3 - 4 mm, Länge: 19 - 105 mm) auf.

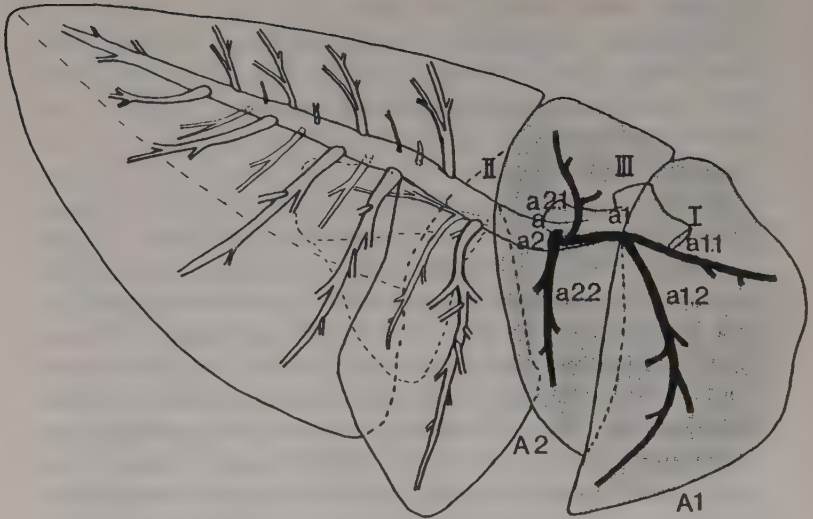


Abb. 8: Arteriae pulmonales und Segmente des Lobus cranialis der rechten Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

A1 Pars cranialis = Segmentum craniale

A2 Pars caudalis = Segmentum caudale

I Truncus pulmonalis

II Arteria pulmonalis dextra

III Ductus arteriosus

a Ramus lobi cranialis

a1 Ramus segmentalis cranialis

a1.1 Ramus subsegmentalis dorsalis

a1.2 Ramus subsegmentalis ventralis

a2 Ramus segmentalis caudalis

a2.1 Ramus subsegmentalis dorsalis

a2.2 Ramus subsegmentalis ventralis



Abb. 9: Arteriae pulmonales der rechten Lunge eines Rinderfeten (SSL = 280 mm), Korrosionspräparat (Tensolciment), laterale Ansicht.

II Arteria pulmonalis dextra

- a Ramus lobii cranialis
- b Ramus lobii caudalis
- b1 Ramus segmentalis dorsalis
- b1.1 Ramus segmentalis dorsalis accessorius
- b2 Ramus segmentalis ventralis
- b3 Ramus segmentalis medialis
- c Ramus lobii medii
- d Ramus lobii accessorii

Die knötchenförmig erscheinenden Aufhellungen stellen Extravasate dar.

Fetale Größenänderungen:

a) **Durchmesser** (Tab. 24): Die Differenz der Durchmesser zwischen aufeinander folgenden Gruppen wird mit zunehmendem Alter größer. Der Ramus segmentalis cranialis ist während der gesamten Untersuchungsperiode stärker als der Ramus segmentalis caudalis. Bei den Rami subsegmentales erweist sich der ventrale spätestens ab einer Scheitelsteißlänge von 200 mm jeweils als der stärkere.

Tab. 24: Durchmesser der Arterien des Lobus cranialis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lobi cran.	0,9	1,3	1,8	2,1	3,3	4	5,6	8	12
R. seg. cran.	0,6	1,1	1,4	1,7	2,5	3	4	5,5	8
R. subs. dors.	0,3	0,5	0,7	0,8	1,2	1,7	2,1	2,3	3,5
R. subs. vent.	0,4	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,9	3,7	5,5
R. seg. caud.	0,5	0,8	1,1	1,2	1,7	2,5	3	4	6,5
R. subs. dors.	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,7	2	2	3
R. subs. vent.	0,3	0,6	0,8	1	1,3	1,9	2,8	3,1	4

b) **Längen** (Tab. 25): Die Längen zeigen im Vergleich zu den Durchmessern keine so starke Wachstumsbeschleunigung vor der Geburt. Dagegen verhalten sich die Längen der Arterien untereinander wie ihre Durchmesser, d.h. der Ramus segmentalis cranialis (bzw. Ramus subsegmentalis ventralis) ist länger als der Ramus segmentalis caudalis (bzw. Ramus subsegmentalis dorsalis).

Tab. 25: Längen der Arterien des Lobus cranialis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lobi cran.	3	3,5	5	5	7	8	11	14	18
R. seg. cran.	6	9	9	12	13	20	25	26	30
R. subs. dors.	12	19	20	31	33	36	64	68	83
R. subs. vent.	21	27	36	47	60	64	90	112	131
R. seg. caud.	2	2	3	4	4	8	13	10	16
R. subs. dors.	10	13	15	21	28	35	42	44	52
R. subs. vent.	19	23	24	38	42	51	75	85	105

Ramus lobi accessorii (Abb. 9 und 10/d)

Dieser ventromedial, in einem Abstand von 5 - 31 mm von der Bifurcatio trunci pulmonalis entspringende **Ramus lobi accessorii** ($\emptyset$: 0,8 - 5 mm, Länge: 4 - 28 mm) zieht nach ventromedial. Er schließt mit der rechten Stammarterie einen Winkel von 50 - 65° ein. Das Gefäß teilt sich in einen **dorsalen** (Abb. 10/d1) ($\emptyset$: 0,3 - 2 mm, Länge: 7 - 62 mm) und einen wesentlich stärkeren **ventralen Ramus segmentalis** (d2) ($\emptyset$: 0,7 - 4 mm, Länge: 12 - 87 mm). Während der dorsale Segmentast fast waagrecht nach kaudal zieht, verläuft der ventrale in ventromedialer und leicht kaudaler Richtung.

Fetale Größenänderungen:

a) **Durchmesser** (Tab. 26): Der **Ramus lobi accessorii** nimmt mit seiner Stärke kontinuierlich bis zur Gruppe 9 zu. Die beiden Segmentäste verhalten sich ebenso, mit Ausnahme des Mittelwerts für den **Ramus segmentalis dorsalis** der Gruppen 2 und 3.

Tab. 26: Durchmesser der Arterien des Lobus accessorius der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lob. acc.	0,8	0,9	1,3	2	2,3	2,5	3	3,7	5
R. seg. dors.	0,3	0,4	0,4	0,8	0,7	0,9	1,2	1,3	2
R. seg. ventr.	0,7	0,8	1,1	1,3	1,8	2	2	3,2	4

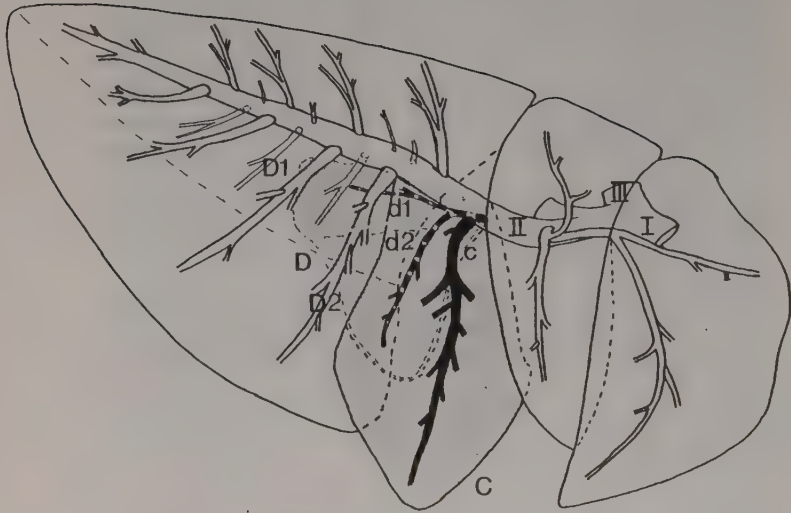


Abb. 10: Arteriae pulmonales und Segmente des Lobus medius (C) und des Lobus accessorius (D) der rechten Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

- D1 Segmentum dorsale
- D2 Segmentum ventrale
- I Truncus pulmonalis
- II Arteria pulmonalis dextra
- c Ramus lobi medii
- d Ramus lobi accessorii
- d1 Ramus segmentalis dorsalis
- d2 Ramus segmentalis ventralis

b) Längen (Tab. 27): Die Längenwerte der untersuchten Arterien des Lobus accessorius zeigen in den Fetengruppen 1 - 9 unregelmäßige Steigerungen.

Tab. 27: Längen der Arterien des Lobus accessorius der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lob. acc.	4	6	7	12	12	11	14	18	26
R. seg. dors.	7	10	13	20	21	29	46	51	62
R. seg. ventr.	12	15	20	27	31	51	56	71	87

Ramus lobi medii (Abb. 9 und 10/c)

7 - 40 mm von der Bifurkation des Truncus pulmonalis entfernt entspringt der Ramus lobi medii in einem Winkel von 50 - 65° nach ventrolateral aus der rechten Stammarterie. Er gibt nach allen Richtungen 6 - 12 Arterienäste ab. Die Lappenarterie erreicht einen Durchmesser von 0,9 - 5,5 mm und eine Länge von 18 - 132 mm.

Fetale Größenänderungen (Tab. 28):

Der Ramus lobi medii nimmt sowohl mit seinem Durchmesser als auch in seiner Länge in den Fetengruppen 1 - 5 stetig zu; danach ist ein verstärktes Ansteigen dieser beiden Parameter zu erkennen.

Tab. 28: Durchmesser und Längen des Ramus lobi medii der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Durchmesser	0,9	1,2	1,5	2	2,6	3	3,4	4	5,5
Länge	18	25	37	53	69	78	100	109	132

Ramus lobi caudalis (Abb. 9 und 11/b)

Nach 7 - 40 mm, mit der Abgabe des Ramus lobi medii wird die A. pulmonalis dextra zum Ramus lobi caudalis ($\emptyset$: 1,3 - 16,5 mm, Länge: 26 - 186 mm). Dieser entläßt dorsale, ventrale und mediale Segmentarterien. Sie werden kaudalwärts auf ein Viertel (dorsale und mediale) bis die Hälfte (ventrale) ihrer Durchmesser und Längen verringert, wobei besonders die Dorsal- und Ventralarterien zunehmend kaudal geneigt sind.

Dorsal entspringen 4 Rami segmentales dorsales (Abb. 11/b1). Sie teilen sich jeweils in einen medialen und einen lateralen Ramus subsegmentalis. Der Durchmesser der Segmentäste verringert sich kaudalwärts von 0,5 - 5 mm auf 0,2 - 3 mm und die Länge verkürzt sich von 10 - 76 mm auf 8 - 47 mm. Zusätzlich treten unregelmäßig 1 bis 6 weitere Rami segmentales dorsales accessorii (b1.1) auf, die dorsolateral, dorsal oder dorsomedial entspringen können. Sie sind in ihrem Durchmesser und ihrer Länge wesentlich kleiner als die eigentlichen Segmentgefäße. Tritt eine akzessorische Arterie sehr dicht an eine Segmentarterie heran, dann kann sie einen ihrer Subsegmentäste ersetzen.

Ventral werden immer 4 Rami segmentales (b2) beobachtet. Sie verändern ihren Ursprung kaudalwärts von ventrolateral (3 Gefäße) nach lateral (1 Gefäß) und verlaufen in die entsprechende Richtung. Hierbei vermindert sich ihr Durchmesser von 0,6 - 6,7 mm auf 0,4 - 3,5 mm und ihre Länge von 16 - 111 mm auf 11 - 69 mm. Sie entspringen unabhängig von der Ursprungshöhe der Dorsalgefäße. Bei 8 Präparaten werden bis zu 2 Rr. segmentales ventrales accessorii gesehen, die im Kaliber erheblich kleiner ($1/4$ bis $1/6$) als die Segmentarterien sind.

Ventromedial gehen 3 (in einem Viertel der Fälle 4) mediale Rami segmentales (b3) und bis zu 2 Rami segmentales mediales accessorii von der Lappenarterie

ab. Sie ziehen nach ventromedial. Kaudalwärts nehmen sie im Durchmesser von 0,3 - 3,8 mm auf 0,2 - 2,4 mm und in ihrer Länge von 8 - 69 mm auf 7 - 49 mm ab.

Das Segmentum caudale wird vom Endast = Ramus segmentalis caudalis (b4) ($\emptyset$: 0,6 - 4,2 mm, Länge: 12 - 58 mm) des Ramus lobi caudalis dexter versorgt.

Fetale Größenänderungen:

Bei den Durchmesser- und Längenmessungen wird stellvertretend für die dorsalen, ventralen und medialen Segmentarterien jeweils der Ramus segmentalis I herangezogen, da die folgenden keine qualitativen Unterschiede zeigen.

a) **Durchmesser** (Tab. 29): Stetig steigen die Durchmesser des Ramus lobi caudalis dextri, dieser I. Segmentarterien (s.o.) und des Ramus segmentalis caudalis in den Fetengruppen an. Der Ramus segmentalis ventralis I, der in der ersten Gruppe noch gleichstark mit dem Ramus segmentalis caudalis ist, wird bis zur Gruppe 9 eindeutig die stärkste Arterie.

Tab. 29: Durchmesser der Arterien des Lobus caudalis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lobi caud.	1,3	1,8	2,1	3	4,8	6	8	11,5	16
R. seg. dors.I	0,5	0,9	1,2	1,4	1,6	2,5	2,7	4,1	5
R. seg. vent.I	0,6	1,2	1,3	1,7	2,2	3	3,6	5,2	6,7
R. seg. med.I	0,3	0,7	1	1,2	1,5	2	2,3	3	3,8
R. seg. caud.	0,6	1	1,2	1,5	1,8	2,5	2,6	3,5	4,2

b) **Längen** (Tab. 30): Die Längen des Ramus lobi caudalis dextri, der I. dorsalen, ventralen und medialen Segmentarterien und des Ramus segmentalis caudalis nehmen, wie die Durchmesser, mit steigender Scheitelsteißlänge beständig zu. Auch bei den Längenwerten ist der des Ramus segmentalis ventralis I der größte.

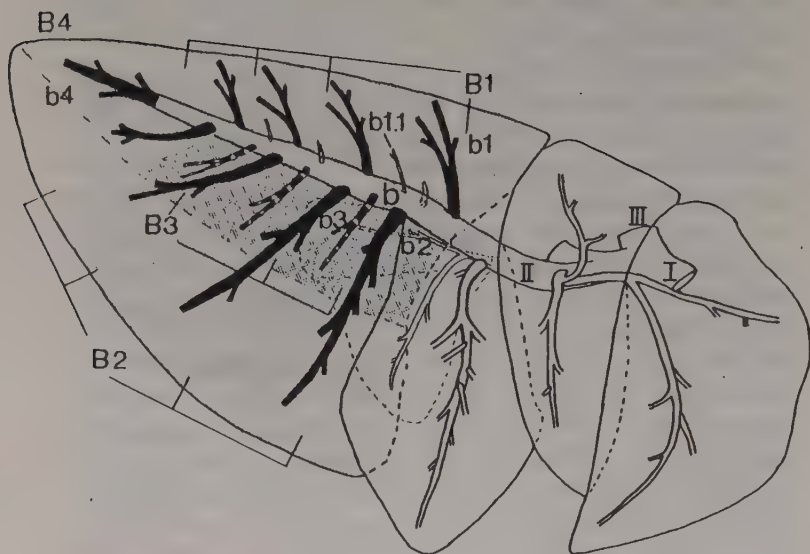


Abb. 11: Arteria pulmonales und Segmente des Lobus caudalis der rechten Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

- B1 Segmenta dorsalia
- B2 Segmenta ventralia
- B3 Segmenta medialia
- B4 Segmentum caudale
- I Truncus pulmonalis
- II Arteria pulmonalis dextra
- III Ductus arteriosus
- b Ramus lobi caudalis
- b1 (I.) Ramus segmentalis dorsalis
- b2 (I.) Ramus segmentalis ventralis
- b3 (I.) Ramus segmentalis medialis
- b4 Ramus segmentalis caudalis

Tab. 30: Längen der Arterien des Lobus caudalis dexter der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lobi caud.	26	40	54	71	88	105	115	146	186
R. seg. dors.I	10	14	20	31	35	39	50	61	76
R. seg. vent.I	16	24	32	49	60	75	90	102	111
R. seg. med.I	8	16	23	30	32	42	57	61	69
R. seg. caud.	12	16	21	29	35	36	38	45	58

A') Pulmo sinister

Rami lobi cranialis (Abb. 12 und 13)

Aus der Arteria pulmonalis sinistra tritt jeweils ein eigener Arterienast in die Pars cranialis (A'1) und die Pars caudalis (A'2) des Lobus cranialis pulmonis sinistri ein. Somit entsprechen sie nach der Definition der Lungenlappung Segmentarterien.

Der **Ramus segmentalis cranialis** (Abb. 12 und 13/a'1) ($\emptyset$: 0,6 - 5 mm, Länge: 2 - 14 mm) zweigt in einem Winkel von 60 - 85° nach dorsolateral und in einem Abstand von 4 - 19 mm von der Gabelung des Truncus pulmonalis entfernt aus der linken Stammarterie ab. Er teilt sich in einen **dorsalen** (a'1.1) ($\emptyset$: 0,4 - 3 mm, Länge: 16 - 89 mm) und einen **ventralen Subsegmentast** (a'1.2) ($\emptyset$: 0,4 - 3,5 mm, Länge: 14 - 78 mm) für die entsprechenden Subsegmente auf. Bei 2 Präparaten entspringen diese beiden Subsegmentäste direkt aus der Arteria pulmonalis sinistra. In 2 Fällen ist eine weitere kleinere Arterie vorhanden, die kurz vor dieser Aufteilung nach lateral abzweigt.

Der **Ramus segmentalis caudalis** (Abb. 12 und 13/a'2) ($\emptyset$: 0,7 - 6 mm, Länge: 28 - 139 mm) entspringt in einem Drittel der Fälle zusammen mit der ersten ventralen Segmentarterie des linken Kaudallappen. Er geht dabei in einem Winkel von 60 - 80 und in einer Entfernung von 7 - 31 mm vom Truncus pulmonalis aus der Arteria

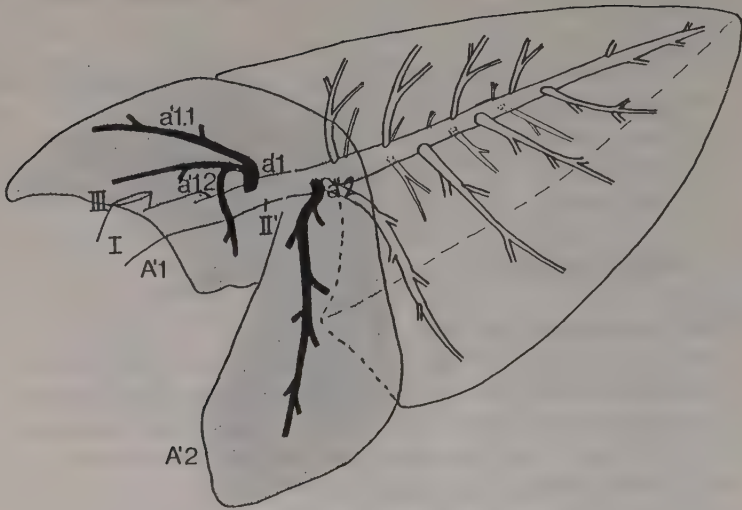


Abb. 12: Arteriae pulmonales und Segmente des Lobus cranialis der linken Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

A'1 Pars cranialis = Segmentum craniale

A'2 Pars caudalis = Segmentum caudale

I Truncus pulmonalis

II' Arteria pulmonalis sinistra

III Ductus arteriosus

a'1 Ramus segmentalis cranialis

a'1.1 Ramus subsegmentalis dorsalis

a'1.2 Ramus subsegmentalis ventralis

a'2 Ramus segmentalis caudalis

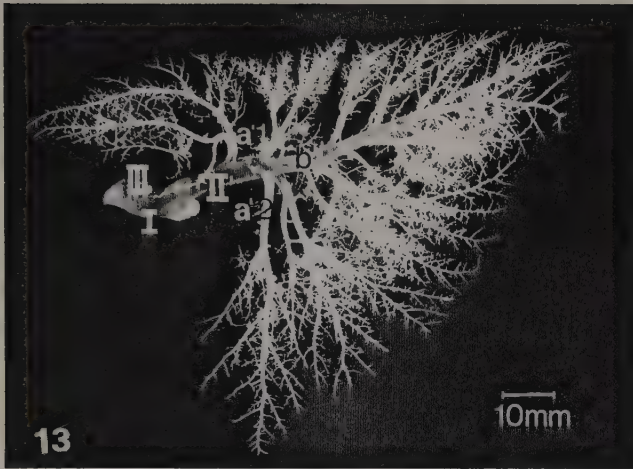


Abb. 13: Arteriae pulmonales der linken Lunge eines Rinderfeten (SSL = 480 mm), Korrosionspräparat (Tensolciment), laterale Ansicht.

I Truncus pulmonalis

II` Arteria pulmonalis sinistra

III Ductus arteriosus

a`1 Ramus segmentalis cranialis

a`2 Ramus segmentalis caudalis

b` Ramus lobi caudalis

pulmonalis sinistra nach ventrolateral ab. Dieser Ramus segmentalis verzweigt sich in alle Richtungen in 9 - 12 Subsegmentäste.

Fetale Größenänderungen:

a) **Durchmesser** (Tab. 31): Die Dicken der gemessenen Arterien des Lobus cranialis sinister steigen kontinuierlich an. Auffallend ist ein besonderer Wachstumsstoß in den letzten 2 bzw. 3 Gruppen. Während der gesamten Entwicklung ist der Ramus segmentalis caudalis stärker als der Ramus segmentalis cranialis. Der Ramus subsegmentalis dorsalis verhält sich gegenüber dem Ramus subsegmentalis ventralis in den Durchmessern variabel, so sind sie in den Gruppen 1 - 3 gleich, während in den Gruppen 4 - 6 dorsale der schwächere und in den Gruppen 7 - 9 der stärkere ist.

Tab. 31: Durchmesser der Arterien des Lobus cranialis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. seg. cran.	0,6	0,9	1,2	1,3	1,9	2,5	3,5	3,9	5
R. subs. dors.	0,4	0,5	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	2,7	4
R. subs. vent.	0,4	0,5	0,8	1	1,5	1,7	1,8	2	3
R. seg. caud.	0,7	1	1,4	1,6	2,4	2,9	3,7	4,1	5,8

b) **Längen** (Tab. 32): Bei der Messung der Arterienlängen erweisen sich der Ramus segmentalis caudalis und der Ramus subsegmentalis dorsalis in den Fetengruppen 1 bis 9 als linear zunehmend. Der Ramus segmentalis cranialis und der Ramus subsegmentalis ventralis schwanken in den Gruppen 5 bis 7 in ihrer Länge unregelmäßig. In diesen Fällen variiert die Teilungsstelle für die beiden Rami subsegmentales bzw. die weitere Aufteilung des Ramus subsegmentalis ventralis.

Tab. 32: Längen der Arterien des Lobus cranialis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. seg. cran.	2	5	3	5	7	5	7	11	14
R. subs. dors.	28	32	39	50	59	74	76	117	139
R. subs. vent.	12	19	22	33	48	37	43	74	89
R. seg. caud.	10	16	23	26	27	42	55	64	78

Ramus lobi caudalis (Abb. 13 und 14/b`)

Der Übergang der Arteria pulmonalis sinistra in den **Ramus lobi caudalis** ($\emptyset$: 1,3 - 15 mm, Länge: 26 - 175 mm) ist durch den Abgang der ersten ventralen Segmentarterie nach einer Länge von 6 bis 33 mm gekennzeichnet. Zu den ventralen Segmentarterien treten wiederum dorsale und mediale. Alle Segmentarterien neigen sich nach kaudal, wobei sich die dorsalen und die medialen um ein Viertel und die ventralen bis auf die Hälfte verkürzen.

4 **Rami segmentales dorsales** (Abb. 14/b`1) entspringen dorsal in einer Linie. Sie teilen sich jeweils in ein mediales und ein laterales Subsegmentgefäß auf. Die Segmentarterien nehmen kaudalwärts in ihrem Durchmesser von 0,6 - 4,5 mm auf 0,3 - 3 mm und in ihrer Länge von 10 - 74 mm auf 8 - 46 mm ab. Zusätzlich können bis zu 8 **Rami segmentales dorsales accessorii** (b`1.1) auftreten, die jedoch wesentlich kleiner sind. Wie an der rechten Lunge können sie einen der Subsegmentäste ersetzen.

Ventral werden 4 **Rami segmentales** (b`2) beobachtet. Sie verlagern ihren Ursprung kaudalwärts von ventrolateral (3 Gefäße) nach lateral (1 Gefäß). Dabei sind sie nach ventrolateral bis kaudolateral gerichtet. Nach kaudal vermindert sich ihr Durchmesser von 0,7 - 7 mm auf 0,4 - 4 mm und ihre Länge von 15 - 118 mm auf 8 - 63 mm. Bei 2 Präparaten wird ein **Ramus segmentalis ventralis accessorius** beobachtet.

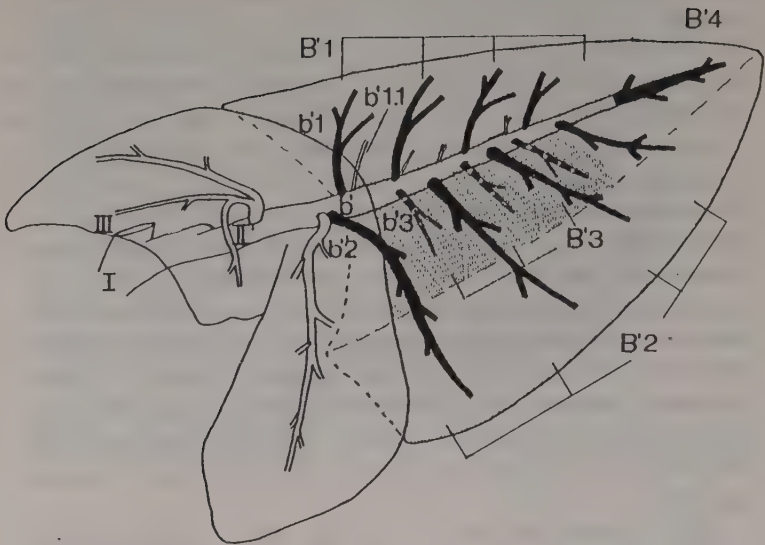


Abb. 14: Arteriae pulmonales und Segmente des Lobus caudalis der linken Lunge bei Rinderfeten, schematische Darstellung, laterale Ansicht.

- B'1 Segmenta dorsalia
- B'2 Segmenta ventralia
- B'3 Segmenta medialia
- B'4 Segmentum caudale
- I Truncus pulmonalis
- II Arteria pulmonalis sinistra
- III Truncus pulmonalis
- b Ramus lobii caudalis
- b'1 (I.) Ramus segmentalis dorsalis
- b'2 (I.) Ramus segmentalis ventralis
- b'3 (I.) Ramus segmentalis medialis
- b'4 Ramus segmentalis caudalis

Nach ventromedial gehen 3 (an 11 Präparaten 4) mediale Rami segmentales (b`3) und bis zu 2 Rami segmentales mediales accessorii von der A. pulmonalis sinistra ab. Ihr Durchmesser verringert sich kaudalwärts von 0,3 - 4 mm auf 0,2 - 2,3 mm und ihre Länge von 7 - 71 mm auf 7 - 48 mm.

Das Segmentum caudale wird vom Endast = Ramus segmentalis caudalis (b`4) ($\emptyset$: 0,7 - 4,5 mm, Länge: 12 - 60 mm) des R. lobi caudalis sinistri versorgt.

Fetale Größenänderungen:

Bei den fetalen Größenänderungen wird stellvertretend für die dorsalen, ventralen und medialen Segmentarterien jeweils der Ramus segmentalis I herangezogen, da sich die folgenden qualitativ von diesem nicht unterscheiden.

a) **Durchmesser** (Tab. 33): Kontinuierlich steigen die Durchmesser des Ramus lobi caudalis sinistri, dieser I. Segmentarterien und des Ramus segmentalis caudalis in den Fetengruppen 1 - 9 an. Wie an der rechten Lunge zeigt der Ramus segmentalis ventralis I in der Gruppe 1 die selbe Dicke wie der Ramus segmentalis caudalis. Bis zur Gruppe 9 wächst er jedoch zur stärksten Segmentarterie heran. Der größte Wachstumsschub erfolgt wieder in den Gruppen 7 - 9.

Tab. 33: Durchmesser der Arterien des Lobus caudalis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lobi caud.	1,3	1,8	2,1	3	4,2	5,5	7,5	10,5	15
R. seg. dors.I	0,6	1	1,3	1,4	1,5	2,1	2,4	3,8	4,5
R. seg. vent.I	0,7	1	1,3	1,8	2,2	3	3,1	5,5	7
R. seg. med.I	0,3	0,5	0,9	1	1,3	1,7	1,8	2,8	4
R. seg. caud.	0,7	1	1,2	1,4	1,6	2,3	2,6	3,2	4,5

b) **Längen** (Tab. 34): Die Längen der Arterien des Lobus caudalis sinister nehmen analog zu den Durchmessern in den Gruppen 1 - 9 stetig zu. Wie an der rechten Lunge besitzt der Ramus segmentalis ventralis I bereits bei der kleinsten untersuchten Scheitelsteißlänge die größte Ausdehnung unter den Segmentarterien.

Tab. 34: Längen der Arterien des Lobus caudalis sinister der Gruppen 1 - 9 (Angaben in mm).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. lobi caud.	26	37	49	67	83	98	112	137	175
R. seg. dors.I	10	13	21	28	29	39	47	56	74
R. seg. vent.I	15	23	33	45	59	67	87	100	118
R. seg. med.I	7	14	18	25	32	35	48	50	71
R. seg. caud.	12	16	19	24	33	40	52	54	60

3. Fetale Entwicklungsveränderungen der Arteriae pulmonales

Während im vorhergehenden die Entwicklungsveränderungen einzelner Arterien innerhalb der Lappen beschrieben wurden, werden hier die Arterien verschiedener Lappen innerhalb einer Lunge sowie die Arterien analoger Lappen beider Lungen miteinander verglichen.

Dazu wird zuerst das Verhalten der Durchmesser-mittelwerte des Truncus pulmonalis und der Arteriae pulmonales dextra et sinistra von Injektionspräparaten der Fetengruppe 1 bis zur Gruppe 9 (neugeborene Kälber) einander gegenübergestellt. Im folgenden wird dieser Vergleich an Arterien einzelner Lappen einer Lunge, sowie an den paarigen Lappen beider Lungen durchgeführt:

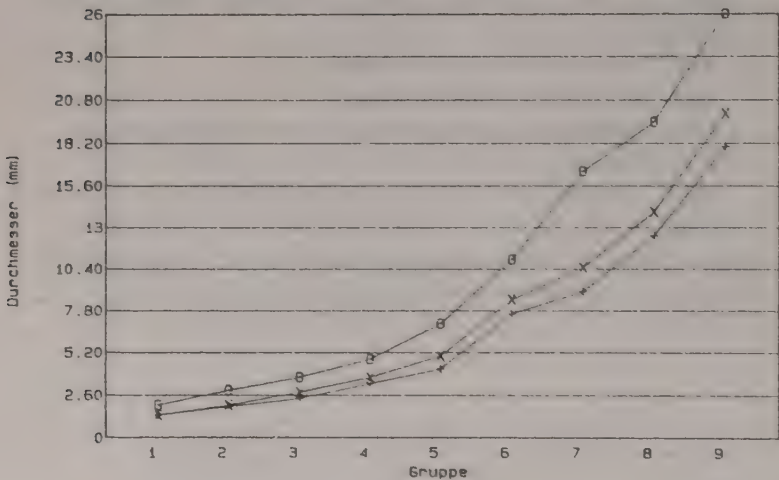
- Rami lobares der rechten Lunge,
- Rami lobares der linken Lunge,
- Rami segmentales lobi cranialis der rechten und der linken Lunge,
- Rami lobares lobi caudales der rechten und der linken Lunge.

Damit sollen Entwicklungsveränderungen vergleichbarer Pulmonalarterien beider Lungen dargestellt werden.

Der Truncus pulmonalis und die Arteriae pulmonales (Abb. 15)

Die Durchmesser­mittelwerte des Truncus pulmonalis (gemessen dicht kranial seiner Bifurkation) und der Arteriae pulmonales dextra et sinistra nehmen in den Gruppen 1 bis 5 flach ansteigend annähernd linear zu. Danach zeigen die Kurven eine auffällige Steigungszunahme und damit eine beschleunigte Wachstumsrate bei allen drei Gefäßen, die bis zur Geburt beibehalten wird. Bereits ab der Fetengruppe 3 dominiert die rechte Arteria pulmonalis eindeutig gegenüber der linken.

Abb. 15: Mittelwertvergleich (Angaben in mm) der Durchmesser des Truncus pulmonalis und der Arteriae pulmonales beim Rind (Gruppe 1 - 8 = Feten, Gruppe 9 = neugeborene Kälber).

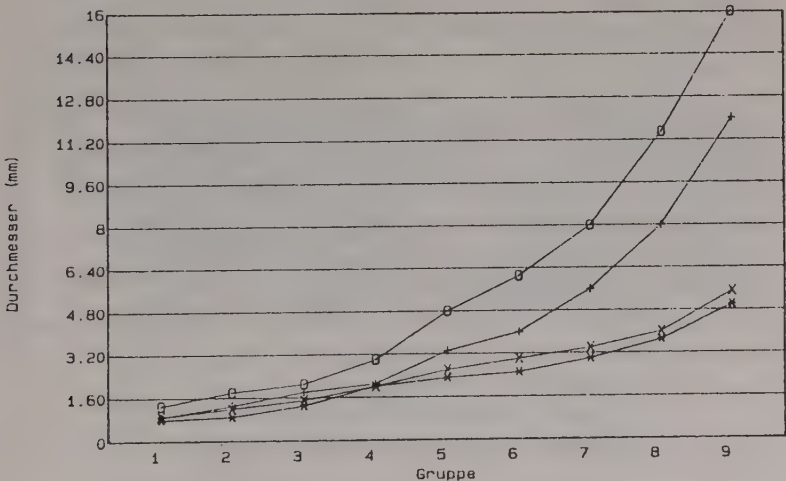


- Truncus pulmonalis
- × Arteria pulmonalis dextra
- + Arteria pulmonalis sinistra

Die Rami lobares der rechten Lunge (Abb. 16)

An der rechten Lunge zeigen die einzelnen Lappenarterien eine stetige Zunahme der Durchmesser. Während der Ramus lobi caudalis und der Ramus lobi cranialis (Variationen wurden nicht berücksichtigt, siehe Seite 47) ab der Gruppe 4 eine deutliche Wachstumssteigerung aufweisen, ist dies am Ramus lobi medii und am Ramus lobi accessorii lediglich um die Geburt (Gruppe 8 und 9) feststellbar. Es ist zudem erkennbar, daß diese beiden Rami ab der Fetengruppe 5 (Scheitelsteißlänge 500 bis 600 mm) mit zunehmender Scheitelsteißlänge im Durchmesser immer deutlicher hinter dem Ramus lobi cranialis und dem Ramus lobi caudalis zurückbleiben.

Abb. 16: Mittelwertvergleich (Angaben in mm) der Durchmesser der Rami lobares der rechten Lunge beim Rind (Gruppe 1 - 8 = Feten, Gruppe 9 = neugeborene Kälber).



+ Ramus lobi cranialis

x Ramus lobi medii

* Ramus lobi accessorii

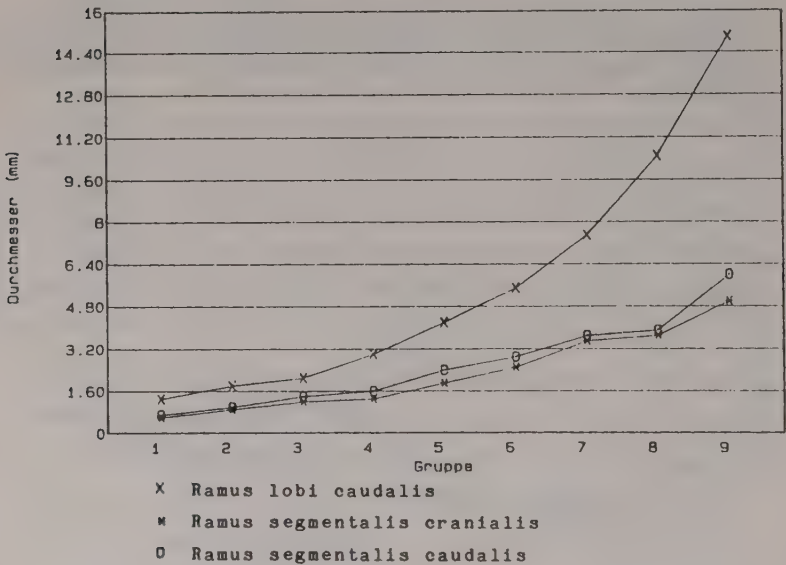
o Ramus lobi caudalis

Die Rami loborum der linken Lunge (Abb. 17)

Der Lobus cranialis sinister wird nicht von einer Lappenarterie, sondern von zwei Segmentarterien versorgt. In der Abb. 17 sind deshalb die Durchmesserwerte der Rami segmentales cranialis et caudalis getrennt eingezeichnet.

Diese beiden Segmentarterien beschleunigen ihr Wachstum bis zur Gruppe 8 kaum, um dann in der Gruppe 9 einen Wachstumsschub zu erfahren. Der Ramus lobi caudalis zeigt dagegen eine Kurve mit einer stetig zunehmenden Steigung zur Geburt hin.

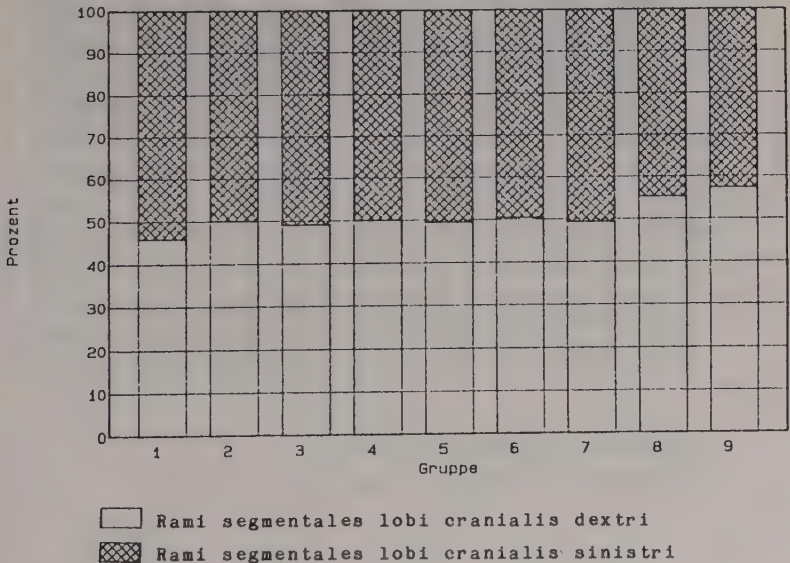
Abb. 17: Mittelwertvergleich (Angaben in mm) der Durchmesser der Rami loborum der linken Lunge beim Rind (Gruppe 1 - 8 = Feten, Gruppe 9 = neugeborene Kälber).



Die Rami segmentales der Lobi craniales der linken und der rechten Lunge (Abb. 18)

Der Durchmesservergleich der Rami lobares craniales dexter und sinister (= Rami segmentales cranialis und caudalis) kann nur indirekt durchgeführt werden, da an der linken Lunge eine eigentliche Lappenarterie fehlt. Deshalb wird im folgenden jeweils die Summe der Segmentarteriendurchmesser verwendet. Aus der Abb. 18 ist zu erkennen, daß in der Fetengruppe 1 die Durchmesser der linken Segmentarterien überwiegen. Bis zur Gruppe 7 besteht in etwa ein Gleichgewicht zwischen der rechten und der linken Lunge. Erst in der Fetengruppe 8 und bei den Neugeborenen kommt es zu einem fortschreitenden Übergewicht der rechten Segmentarterien. Dies wird durch die starke Ausbreitung des Lobus cranialis dexter über die Mediane nach links, kranial des Herzens verständlich.

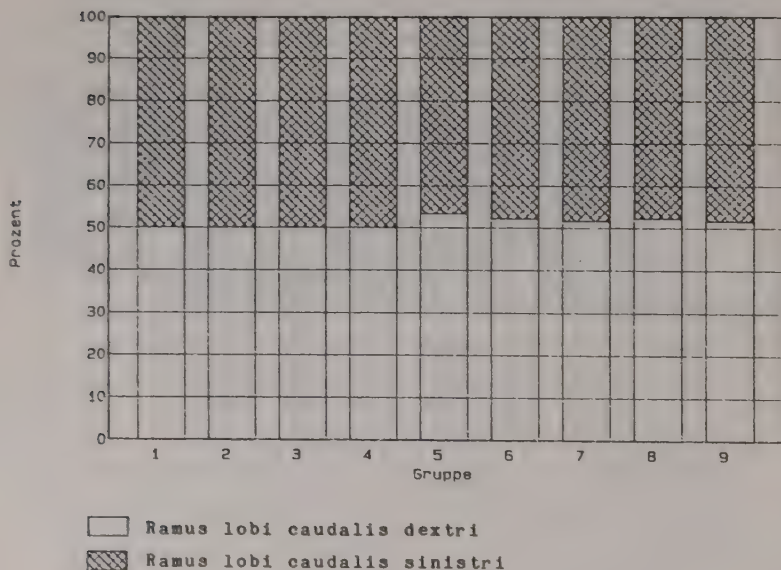
Abb. 18: Mittelwertvergleich (in %) der Durchmesser der Rami segmentales in den Lobi craniales dexter et sinister von Rinderlungen (Gruppe 1 - 8 = Feten, Gruppe 9 = neugeborene Kälber).



Die Rami loborum caudalium der linken und der rechten Lunge (Abb. 19)

Bis zur Gruppe 4 der untersuchten Feten zeigt sich ein ausgeglichenes Durchmesser Verhältnis der Rami loborum caudalium beider Lungen zueinander. Ab Fetengruppe 5 bis zu den Neugeborenen (Gruppe 9) sind die Durchmesser Mittelwerte des Ramus lobi caudalis dexter etwas größer. Dies überrascht besonders, da die Arteria pulmonalis dextra bis zu ihrem Übergang in den Ramus lobi caudalis bereits den Ramus lobi medii und den Ramus lobi accessorii abgegeben hat und somit zwei zusätzliche Lappen mitversorgt hat, die an der linken Lunge fehlen.

Abb. 19: Mittelwertvergleich (in %) der Durchmesser der Rami segmentales in den Lobi caudales dexter et sinister von Rinderlungen (Gruppe 1 - 8 = Feten, Gruppe 9 = neugeborene Kälber).



4. Lagebeziehung zwischen den Ästen des Truncus pulmonalis und den Bronchen

A) Pulmo dexter

Lobus cranialis dexter (Abb. 20 und 21)

Der arterielle **Ramus lobi cranialis dexter** teilt sich direkt unter der Trachea in zwei Rami segmentales. Der **Ramus segmentalis cranialis** zieht unter der Trachea weiter nach kraniolateral und erst seine Rami subsegmentales lagern sich von medial in Höhe der Aufspaltung des Bronchus trachealis den Bronchen an. In ihrem Verlauf (siehe Abb. 20/a1.2) richten sie sich über kranial nach lateral an den Bronchen aus. Sie können auch kranial ($1/4$ der Äste) verbleiben oder sich erst mit ihrem späteren Aufzweigungen nach lateral ($3/4$ der Äste) orientieren. Als seltene Variante existieren Subsegmentarterien (besonders die kraniodorsale), die nur mit ein paar wenigen Endaufzweigungen kranial am Bronchus liegen.

Der **Ramus segmentalis caudalis** zieht nach lateral unter der Trachea hindurch, wobei er sich bereits unter dieser in die beiden Rami subsegmentales aufspaltet. Auch hier lagern sich erst diese Subsegmentaläste den Bronchen medial an (siehe Abb. 20/a2.2). Mit seinen weiteren Aufzweigungen verbleibt der **Ramus subsegmentalis ventralis** entweder medial ($2/5$ der Äste) oder seine Äste ziehen über kaudal an die kaudolateralen Bronchenwände ($3/5$ der Äste, siehe Abb. 20/a1.2). Der **R. subsegmentalis dorsal** lagert sich mit seinen Verzweigungen medial ($4/5$ der Fälle) oder kaudal ($1/5$ der Fälle) den Bronchen an.

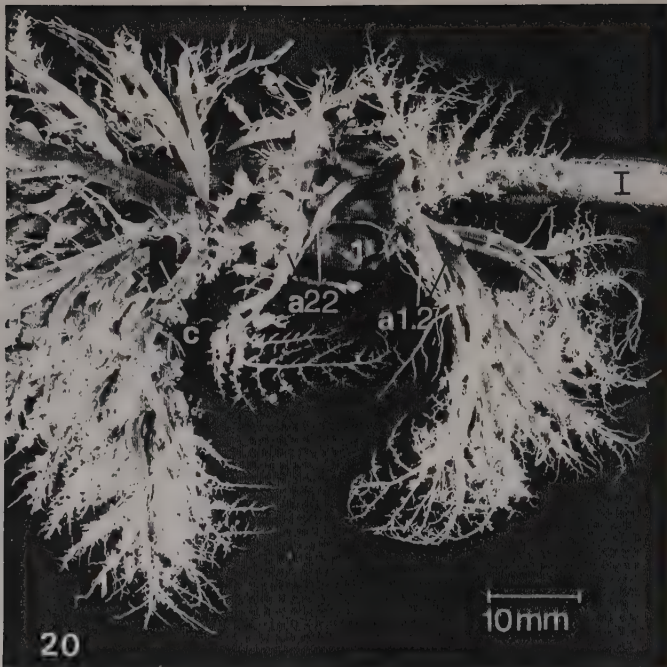


Abb. 20: Arbor bronchialis und Arteriae pulmonales des Lobus cranialis dexter und Lobus medius eines Rinderfeten (SSL = 630 mm), Korrosionspräparat (Tensolciment), laterale Ansicht.

I Trachea

1 Truncus pulmonalis

a1.2 der Arterienast zieht von medial über kranial an die Lateralseite des Bronchus,

a2.2 der Arterienast bleibt medial am Bronchus,

c der Ramus lobi medii zieht von kraniolateral an die kaudolaterale Seite des Bronchus.

Lobus medius (Abb. 20/c und 21)

Die Arteria pulmonalis dextra kreuzt die Bifurcatio tracheae ventral, zieht hierbei nach lateral und gibt kranial des Bronchus medius den **Ramus lobi medii** ab. Dieser tritt von kraniolateral (siehe Abb. 20/c) an den Lappenbronchus heran. Er kann mit seinen weiteren Aufzweigungen auch lateral ($1/4$ der Äste) oder kaudal ($1/10$ der Äste) an den Bronchen zu liegen kommen.

Lobus accessorius

In Höhe der Bifurcatio tracheae entläßt die Arteria pulmonalis dextra den **Ramus lobi accessorii** nach kaudoverstral. In seinem Verlauf tritt er von lateral an den Bronchus lobaris und verzweigt sich parallel zu ihm. Einzelne Äste orientieren sich besonders im ventralen Segment auch kraniolateral an den Bronchen.

Lobus caudalis dexter (Abb. 21)

Nach der Abgabe des Ramus lobi medii liegt die Arteria pulmonalis dextra lateral zwischen den Dorsal- und den Ventralbronchen dem rechten Stammbronchus als **Ramus lobi caudalis** an. Er entläßt parallel zu den Dorsal- und den Ventralbronchen entsprechende Segmentarterien, die diese kraniolateral bzw. lateral begleiten. Die Gefäße für die medialen Bronchen ziehen ventral unter dem Bronchus lobaris caudalis nach medial durch und treten von kraniolateral, lateral sowie kaudolateral an die Bronchen. Ihre Subsegmentäste behalten weiterhin diese unterschiedliche Lagebeziehung zu den Subsegmentbronchen bei.



21

Abb. 21: Arbor bronchialis und Arteriae pulmonales der Lungen eines Rinderfeten (SSL = 630 mm), Korrosionspräparat (Tensolciment), dorsale Ansicht.

- | | | | |
|------|--------------------------|-----|---------------------|
| I | Trachea | 1 | Truncus pulmonalis |
| II | Br. principalis dexter | 2 | Art. pulm. dexter |
| II\` | Br. principalis sinister | 2\` | Art. pulm. sinister |

A') Pulmo sinister (Abb. 21)

Lobus cranialis sinister

Die beiden Rami segmentales lobi cranialis sinistri begleiten die beiden Segmentbronchen. Der Ramus segmentalis cranialis zieht, von ventromedial kommend, medial an den Bronchus segmentalis cranialis. Dabei orientieren sich im dorsalen Subsegment die Arterien lateral ($7/10$ der Äste), dorsal ($1/10$ der Äste oder medial ($2/10$ der Äste) an den Bronchen. Im ventralen Subsegment liegen sie vorwiegend kranial und vereinzelt lateral an ihnen.

Der Ramus segmentalis caudalis lagert sich medial an den Bronchus segmentalis caudalis an. In seinem Verlauf zieht er über kaudal nach lateral. Auch seine Äste liegen lateral ($3/4$ der Äste) oder kaudal ($1/4$ der Äste) an den Bronchen.

Lobus caudalis sinister

Nach der Abgabe der Rami lobi cranialis sinistri verläuft die Arteria pulmonalis sinistra lateral am linken Bronchus lobi caudalis zwischen den Dorsal- und den Ventralbronchen als Ramus lobi caudalis nach kaudal. Er entläßt seine Äste parallel zu den dorsalen, ventralen und medialen Segmentbronchen. Dabei müssen die medialen Segmentarterien zuerst den Bronchus lobi caudalis ventral kreuzen, bevor sie die Medialbronchen erreichen. Die Gefäße orientieren sich in ihrem Verlauf, ebenso wie die Rami segmentales dorsales und ventrales kraniallateral, lateral sowie kaudolateral an den entsprechenden Bronchen.

5. Arteriae bronchiales

Bei zwei Präparaten von Feten mit Scheitelsteißlängen von 300 bzw. 320 mm geht etwa 8 mm kaudal des Ligamentum arteriosum, nach ventrolateral eine 0,2 mm starke **Arteria bronchooesophagea** rechts aus der **Aorta thoracica** ab. Sie teilt sich nach 2 - 3 mm in den **Ramus oesophageus** und den **Ramus bronchialis**. Der ca. 0,1 mm starke **Ramus bronchialis** zieht geschlängelt links um die Speiseröhre. Etwa 4 mm hinter der Luftröhrengabelung erreicht er die dorsomediale Wand des linken Stammbronchus. Hier zweigt er sich in je einen Ast für die beiden **Bronchi principales** auf.

Bei einem Fetus mit der SSL von 640 mm wird ein ähnlicher Verlauf gesehen. Der ca. 0,3 mm starke **Ramus bronchialis** spaltet sich aber vor dem Erreichen des linken Stammbronchus für die beiden **Bronchi principales** auf. An einem 4. Präparat (ein Fetus der SSL von 560 mm) entspringt der **Ramus bronchialis**, 2 mm kaudolateral des 0,3 mm starken **Ramus oesophageus** direkt aus der **Aorta thoracica**. Er teilt sich bereits vor dem Erreichen der Stammbronchen auf. Die Äste der Bronchalarterien liegen den Stammbronchen beidseitig an.

Am Präparat eines Fetus mit der SSL von 300 mm geht vom **Truncus brachiocephalicus** 7 mm kaudal des Abgangs der **Arteria subclavia dextra** ein ca. 0,1 mm starker **Ramus trachealis** nach laterodorsal ab. Er versorgt nach seiner Aufteilung in 2 Äste die Ventralseite der Trachea. Sein Versorgungsgebiet reicht nach kranial bis zur Höhe des **Truncus bicaroticus** und nach kaudal bis zum Abgang des **Bronchus trachealis**, wobei er mit diesem auf eine Länge von 2 ~ 3 mm in den **Lobus cranialis dexter** zieht.

Präkapillare Anastomosen zwischen den Pulmonal- und den Bronchalarterien werden in keinem Präparat gefunden.

DISKUSSION

Gliederung der Lungen durch den Bronchalbaum

Die Lappengliederung der Lungen bereitete über Jahrzehnte hinweg aus vergleichend-anatomischer Sicht Schwierigkeiten (AEBY, 1880; NARATH, 1901; GEGENBAUR, 1901). So wird z.B. über lange Zeit die Pars caudalis des linken Vorderlappens als selbständiger "Mittel-lappen" angesprochen (MARTIN, 1909; MÜLLER, 1938; ACKERKNECHT, 1943). Dies steht jedoch im Gegensatz zur Aufzweigung des Bronchalbaumes, die einen gemeinsamen Bronchus lobaris für die beiden Partes des Lobus cranialis aufweist. Deshalb wird heute nach SEIFERLE (1956), NAKAKUKI (1967) und der NOMINA ANATOMICA VETERINARIA (1973 und 1983) folgendermaßen verfahren: Alle Bronchen, die aus der Trachea oder den Bronchi principales entspringen bzw. deren direkte Fortsetzung bilden, sind Bronchi lobares. Der entsprechende Lungenabschnitt eines Bronchus lobaris gilt als ein Lungenlappen.

Beim Rind bedeutet dies in Übereinstimmung auch mit früheren Autoren, wie BACKMAN (1937), STAMP (1948), REYMOND (1958), GUZSAL (1955), SPERANSKIJ (1964) und FIZE (1964), daß die rechte Lunge aus 4 Lappen besteht: Lobus cranialis (direkt aus der Trachea = Bronchus trachealis belüftet), Lobus medius, Lobus accessorius und Lobus caudalis. An der linken Lunge werden lediglich 2 Lappen (Lobus cranialis et caudalis) unterschieden. Die eigenen Untersuchungen konnten diese Lappeneinteilung gemäß der Bronchi lobares an den Rinderfeten bestätigen.

Durch die Verzweigung eines Bronchus lobaris entstehen die Bronchi segmentales, die die Lappensegmente belüften (HARTMAN und BOYDEN, 1946; BOYDEN, 1949; ENGEL, 1958; NOMINA ANATOMICA VETERINARIA, 1973 und 1983). Diese durch Bindegewebssepten getrennten Unterteilungen beschreibt erstmals FELIX 1920 beim Menschen. Heute wird in der Humanchirurgie die partielle Lobektomie an

den menschlichen Lungen gemäß dieser Segmentgrenzen vorgenommen (VOBORIL, 1985). Der mögliche Einsatz in der experimentellen Chirurgie wird in Zukunft auch die Lungensegmente bei manchen Haussäugetern als grundlegende Kenntnis verlangen.

Für die Gliederung der beiden Kraniallappen in Segmente werden, wie in der Literatur zu den Rinderlungen angegeben (BACKMAN, 1937; REYMOND, 1958; SPERANSKIJ, 1964; FIZE, 1965; RADU und RADU, 1969), je ein Bronchus segmentalis cranialis et caudalis auch bei den hier untersuchten Rinderfeten und neugeborenen Kälbern erkannt. Sie belüften die "Pars cranialis" und die "Pars caudalis" des Lobus cranialis dexter et sinister. Somit entspricht eine "Pars" jeweils einem definierten Segment des Lappens. Der Terminus "Pars" stellt also nur eine zusätzliche Bezeichnung für ein Segment dar. Die weitere Aufzweigung der Segmentbronchen in Subsegmentbronchi ist beim Rind nur von wenigen Autoren beschrieben (STAMP, 1948; SCHORNO, 1955; GUZSAL, 1955; ZSEBÖK et al., 1955; FIZE, 1965). Ihre große zahlenmäßige Varianz innerhalb der Segmente wird durch die fehlende Übereinstimmung der Angaben dieser Autoren deutlich. Aus dem kranialen Segmentbronchus des Lobus cranialis dexter sieht STAMP (1948) 4 und FIZE (1965) sogar 6 Subsegmentbronchen abzweigen. Zusammen mit GUZSAL (1955), SCHORNO (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) werden an den eigenen Präparaten dagegen nur zwei beobachtet. Der linke Bronchus segmentalis cranialis teilt sich nach STAMP (1948) in 5 und nach FIZE (1965) in 8 Subsegmentbronchi, während in den eigenen Ergebnissen, übereinstimmend mit GUZSAL (1955) und SCHORNO (1955), wiederum nur zwei erkannt werden. Ähnlich wie die kranialen Segmentbronchi entläßt der kaudale Segmentbronchus des rechten Vorderlappens einen dorsalen und einen ventralen Subsegmentast. Dies wird auch von SCHORNO (1955), GUZSAL (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) beschrieben, während STAMP (1948) hier 4,

FIZE (1965) 3 Subsegmentbronchen sehen. Am kaudalen Segmentbronchus der linken Lunge verzweigen sich die Bronchen in den eigenen Präparaten dagegen baumartig, so daß keine Subsegmentbronchen eindeutig feststellbar sind. Bei Lungen des erwachsenen Rindes zählt STAMP (1948) immerhin 14 Subsegmente, während SCHORNO (1955) und GUZSAL (1955) auch hier nur zwei differenzieren können.

Insgesamt ist die Möglichkeit der Subsegmentierung an den Kraniallappen der Rinderlungen nur noch zum Teil sinnvoll durchführbar. Sie erscheint an den Segmenten der rechten Lunge und dem kranialen Segment der linken Lunge noch möglich, am kaudalen Segment der linken Lunge dagegen auch bei den hier untersuchten Präparaten unmöglich.

An den Mittel- und Anhangslappen der rechten Lunge ist nicht nur die Subsegmentgliederung umstritten, sondern es treten sogar Schwierigkeiten bei der Einteilung in Segmente auf. Für den Bronchus lobi medii und den Bronchus lobi accessorii beschreiben REYMOND (1958), SPERANSKIJ (1964), FIZE (1965) und RADU und RADU (1969) jeweils ein Segmentum dorsale und ventrale. Die eigenen Untersuchungen bestätigen diese Einteilung lediglich für den Lobus accessorius, wenn auch hier der dorsale Segmentbronchus sich wesentlich schwächer darstellt. Am Lobus medius der untersuchten Fetenpräparate kann sie jedoch nicht mehr akzeptiert werden, da sich der Lappenbronchus in 5 - 9 dünne Segmentbronchi verästelt. Ihre Anzahl bewegt sich im Rahmen der von ZSEBÖK et al. (1955) mit 5 und der von STAMP (1948) mit 8 angegebenen Segmentzahl. Dies bedeutet einerseits, daß der Mittellappen in der Anzahl seiner Segmente sehr variabel ist. Andererseits liegt deren geringe Größe weit unter jener der Subsegmente z.B. des Lobus cranialis dexter, so daß hier Zweifel an der "Qualität dieser Segmente" aufkommen. NAKAKUKI (1975) sieht zudem vergleichend-anatomisch den Bronchus lobi medii gemäß seines

Ursprungs aus dem Bronchus principalis dexter als ersten ventralen Segmentbronchus des rechten Lobus caudalis bzw. den Bronchus lobi accessorii entsprechend als ersten medialen Segmentbronchus. In letzter Konsequenz bedeutet dies, daß die beiden Lappen als Segmente des rechten Kaudallappens einzuordnen wären. Auch die eigenen Präparate könnten zu einer derartigen Unterordnung des Lobus medius und des Lobus accessorius in den Lobus caudalis bei alleiniger strenger Sicht des Bronchalbaums verleiten. Die äußere Einteilung der Lunge mit der Abspaltung dieser beiden Lappen ist jedoch beim Rind zu eindeutig, um NAKAKUKI's vergleichender Betrachtungsweise zu folgen.

Der Bronchus lobi caudalis der rechten wie auch der linken Lunge gibt bei den untersuchten Rinderfeten sowohl dorsale als auch ventrale und mediale Segmentbronchen ab.

Dorsal werden grundsätzlich am linken und am rechten Lappenbronchus 4 (in einem Fall der Gruppe 4 fünf) Segmentbronchen beobachtet. Die gleiche Anzahl sehen auch BACKMAN (1937), REYMOND (1958) und SPERANSKIJ (1964), während ZSEBÖK et al. 3 und STAMP (1948), SCHORNO (1955) und FIZE (1965) 5 erkennen. Die vier ventralen Segmentbronchen werden an beiden Lungen auch von BACKMAN (1937), SCHORNO (1955), REYMOND (1958) und FIZE (1965) beobachtet, während GUZSAL (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) jeweils 3 und STAMP (1948) 5 sehen. Die am rechten Lobus caudalis 3 - 4 und am linken 2 - 3 Bronchi segmentales mediales entsprechen den "ventralen Nebensegmenten" SCHORNO's (1955). 2 - 4 mediale Segmentbronchen werden auch von SPERANSKIJ (1964) und FIZE (1965) gezählt, während STAMP (1948) bis zu 8 erkennt.

Die relativ gute Übereinstimmung mit den Literaturangaben zur Anzahl der dorsale, ventralen und medialen Segmentbronchen der untersuchten Feten zeigt, daß nach

der Graviditätsmitte keine zahlenmäßige Zubildung von Segmentbronchen mehr zu erwarten ist.

Die Verlagerung der Ursprungslinie dorsaler und ventraler Segmentbronchen am Bronchus lobi caudalis (BACKMAN, 1937; SCHORNO, 1955) wird an den eigenen Präparaten nur für die ventralen Segmentbronchen beobachtet. In kaudaler Richtung verlagern diese Bronchen sukzessive ihren Ursprung von ventral nach lateral. Die dorsalen Segmentbronchi (wie auch die medialen) zweigen hingegen konstant aus einer dorsalen (bzw. medialen) geraden Linie aus dem Bronchus lobi caudalis ab. Eine postnatale Änderung der Ursprungslinien dieser dorsalen Segmentbronchen, wie sie von BACKMAN (1937) und SCHORNO (1955) beschrieben wird, ist infolge einer späteren Formänderung der Brustfellhöhlen vorstellbar.

Die von SCHORNO (1955) beschriebenen "dorsalen Nebensegmente" werden in keinem Fall gefunden. Aufgrund ihrer Lage könnten die medialen Subsegmentbronchen der dorsalen Bronchi segmentales diesen "Nebensegmenten" entsprechen.

Äste der Arteriae pulmonales

Im Hauptteil der Untersuchung sollen die Äste der Arteriae pulmonales in der Einteilung: Arteria pulmonalis - Ramus lobaris - Ramus segmentalis - Ramus subsegmentalis den Ästen des Bronchalbaums zugeordnet werden. Damit wird die Frage geklärt, ob alle bronchopulmonalen Segmente von Rinderfeten und neugeborenen Kälbern gleichzeitig bronchoarterielle Segmente darstellen, wie dies für das adulte Rind feststeht (LINELL und LÖFGREN, 1940; MC LAUGHLIN et al., 1961).

Die arterielle Versorgung des Lobus cranialis erfolgt an der linken Lunge nicht durch einen Ramus lobaris, sondern immer durch zwei getrennte Rami segmentales. Diese separate Arterienversorgung trifft für den Kraniallappen der rechten Lunge immerhin in einem Drittel der Fälle zu. BURI beobachtet bereits 1911 beim erwachsenen Rind das gleiche Ergebnis. Die Neigung zum getrennten Abzweigen von Segmentalarterien, ohne Zwischenschalten eines gemeinsamen Arterienstammes, geht an der linken Lunge noch weiter, denn in 2 Präparaten fehlt sogar der Ramus segmentalis cranialis. Somit zweigen hier der dorsale und der ventrale Ramus subsegmentalis getrennt aus der Arteria pulmonalis sinistra direkt ab. Diese Besonderheit wird auch von SCHORNO (1955) als Variante beschrieben. Zudem entspringt der Ramus segmentalis caudalis des linken Lobus cranialis in einer von 3 Lungen zusammen mit dem ersten Ramus segmentalis ventralis des Lobus caudalis sinister.

An der rechten Lunge wird der Ramus segmentalis cranialis et caudalis auch als "Ramus ascendens" und "Ramus descendens" bezeichnet (NOMINA ANATOMICA VETERINARIA, 1983). Diese Begriffe sind aus der humanmedizinischen Nomenklatur abgeleitet und nur ungenügend auf die topographischen Verhältnisse des

Hausssäugers zu übertragen. Zudem ist durch die Aufzweigung der Arteria pulmonalis dextra und ihre Lage in den bronchopulmonalen Segmenten eigentlich die richtige Bezeichnung - Ramus segmentalis cranialis et caudalis - vorgegeben.

Schon an den Arterienästen für die Kraniallappen der Lungen zeigt sich, daß diese in ihrem Ursprungsverhalten weitaus variabler angelegt sind als die Bronchaläste. Dennoch kann innerhalb der Lungensegmente jeweils ein Arterienast einem Bronchalast exakt zugeordnet werden.

Im Gegensatz zu den Bronchen (Bronchus lobi medii und Bronchus lobi accessorii) entspringt der arterielle Ramus lobi accessorii kranial des Ramus lobi medii. Dadurch lagert sich die Arterie des Anhangslappen von kranial kommend den Bronchen an. Diese Lappenarterie teilt sich parallel mit den Bronchen auf (SCHORNO, 1955) und bildet dabei den Ramus segmentalis dorsalis und ventralis aus. Auffälligerweise ist die ventrale Segmentarterie regelmäßig doppelt so stark wie die dorsale, während SCHORNO (1955) diese lediglich in etwa 30 % der Fälle stärker sieht.

Am Ramus lobi medii kann die von GUZSAL (1955) und SPERANSKIJ (1964) festgestellte Aufzweigung in zwei Segmentarterien nicht bestätigt werden. Es gehen 6 - 12 etwa gleichwertige Arterienäste nach allen Richtungen von der Lappenarterie ab, die per definitionem somit Rami segmentales darstellen. Diese "Segmentarterien" verhalten sich wie die entsprechend verlaufenden "Segmentalbronchen" des Mittellappens. Ihre große Variabilität in Anzahl und Stärke läßt eine Einteilung dieses Lappens somit in bronchopulmonale als auch in bronchoarterielle Segmente nicht mehr sinnvoll erscheinen (siehe Diskussion S. 79).

An den Kaudallappen treten zu den dorsalen, ventralen und medialen Segmentarterien jeweils kleine Rami

segmentales accessorii. Sie versorgen jedoch keine eigenen Segmente, sondern verlaufen mit variabler Lage am entsprechenden Bronchus.

Vier Rami segmentales dorsales entspringen regelmäßig sowohl an der rechten wie auch an der linken Fetenlunge nach dorsal in einer geraden Linie. Die von SCHORNO (1955) erkannte Aufgabelung in eine mediale und eine laterale Subsegmentarterie wird grundsätzlich bestätigt. Als Besonderheit kann jedoch der Ursprung eines dieser Rami subsegmentales auf die Wand des Ramus lobi caudalis herabrücken und so definitionsgemäß zum "Ramus segmentalis accessorius" werden. Durch diese Rami wird an der rechten Lunge die Anzahl der Rami segmentales dorsales accessorii auf insgesamt bis zu 6 und an der linken bis zu 8 erhöht. Die spiralige Linksdrehung der Ursprünge dorsaler Segmentarterien (BACKMAN, 1937 und GUZSAL, 1955) wird, wie schon bei den Bronchen, nicht festgestellt.

Die 4 ventralen Segmentarterien wandern mit ihren Ursprüngen von ventrolateral nach lateral. Eine Verlagerung, wie sie von GUZSAL (1955) und SCHORNO (1955) für die Rami segmentales ventrales bis nach dorsolateral beschrieben wird, wird bei den untersuchten Feten und neugeborenen Kälbern nicht gesehen. Auch der von BACKMAN (1937) betonte, regelmäßige Abgang dieser Arterien hinter dem der dorsalen Segmentarterien, ist nicht erkennbar. Der Ursprungsort der Rami segmentales ventrales ist unabhängig von jenem der Rami segmentales dorsales. Zusätzlich werden an der rechten Lunge bei 8 Präparaten bis zu zwei Rami segmentales ventrales accessorii und an der linken Lunge bei zwei untersuchten Feten jeweils ein Ramus segmentalis ventralis accessorius gesehen. Sie sind bisher in der Literatur nicht erwähnt.

Die nach eigenen Untersuchungen sowohl am Pulmo dexter als auch am Pulmo sinister vorkommenden 3 - 4 Rami segmentales mediales entsprechen den von SCHORNO (1955) beschriebenen 1 - 4 "ventralen Nebensegmentarterien".

SPERANSKIJ (1964) zählt 2 - 3 derartige Arterien. In Übereinstimmung mit SCHORNO (1955) werden an den beiden Lungen jeweils bis zu 2 Rami segmentales mediales accessorii gesehen.

Die Häufung der Rami segmentales dorsales accessorii am Ramus lobi caudalis ist wohl aus der großen Tiefe des Versorgungsgebiets zu erklären. Durch die Wölbung des Thorax benötigt die breite Rundung des Margò obtusus der Lunge eine entsprechend größere Arterienversorgung als die seitlichen und ventralen Abschnitte der Kaudallappen. Infolge des Abgangs mehrerer Gefäße werden widerstandserhöhende Biegungen der Arterien vermieden.

Insgesamt variieren die Äste der Arteriae pulmonales im Vergleich zum Bronchialbaum in zweifacher Weise. Zum einen sind an den Lobi craniales Änderungen der Ursprungsart (direkte Rami segmentales oder sogar Rami subsegmentales) und am Lobus accessorius und am Lobus medius eine Änderung des Ursprungsortes (Ramus lobi accessorii zweigt kranial des Ramus lobi medii ab) zu beobachten. Zum anderen treten an den Lobi caudales zusätzlich kleine Arteriae segmentales accessorii auf. Ihr Verlauf ist immer auf das Gebiet der eigentlichen Segmentarterien und auch des Segmentbronchus beschränkt. Somit ist für alle Segmente der Lungen von Rinderfeten und neugeborenen Kälbern die Bezeichnung "bronchoarteriell" berechtigt.

Fetale Veränderungen an den Arteriae pulmonales

Die Fetengruppen 1 - 8 (SSL: 100 - 900 mm) und die Gruppe der neugeborenen Kälber (SSL: 900 - 1000 mm) sind in stetig zunehmende Größengruppen geordnet. Der Mittelwertsvergleich der Durchmesser- und Längenmeßwerte der Pulmonalarterienäste in diesen Gruppen soll klären, ob diese Werte ebenfalls stetig ansteigen.

Veränderungen der Durchmesser von Arterien in den Gruppen 1 - 3 (SSL: 100 - 400 mm) sind zunächst an den beiden Arteriae pulmonales erkennbar. Während in der Gruppe 1 beide Stammarterien noch ein gleichgroßes Lumen zeigen, ist ab der Scheitelsteißlänge von 200 mm die Arteria pulmonalis dextra immer etwas stärker als die Arteria pulmonalis sinistra. In der Gruppe 1 sind die Segmentarterien des rechten Lobus cranialis schwächer als die des linken Kraniallappen, um ab der Gruppe 2 etwa gleichstark zu sein. Umgekehrt sind an den Kaudallappen der erste Ramus segmentalis ventralis und der Ramus segmentalis caudalis nur in der ersten Gruppe etwa gleichstark.

In den Gruppen 4 - 6 (SSL: 400 - 700 mm) wachsen die Lumina des Truncus pulmonalis, die Arteria pulmonalis dextra et sinistra ab einer Scheitelsteißlänge von 600 mm im Vergleich vermehrt. An der rechten Lunge ist schon ab der Gruppe 5 der Ramus lobi caudalis stärker als der an der linken Lunge.

Mit einer Scheitelsteißlänge von 800 mm bis zur Geburt dominieren dann die Segmentarterien des rechten Lobus cranialis gegenüber den entsprechenden Arterien des linken Lobus cranialis. Um die Geburt erfahren diese Rami segmentales beider Lobi craniales, sowie der Ramus lobi accessorii und der Ramus lobi medii einen Wachstumsstoß. Ebenso weisen alle Segmentarterien der beiden Kaudallappen eine beschleunigte Dickenzunahme auf.

Der Vergleich der Längenwerte einzelner Lappen-, Segment- und Subsegmentarterien über den Entwicklungszeitraum der untersuchten Gruppen unterstützt die Interpretation der Ergebnisse der Durchmesservergleiche.

Die Äste der Pulmonalarterien der beiden Lobi craniales nehmen mit ihren Längen analog zu den Durchmessern mit steigender Scheitelsteißlänge stetig zu. Ebenso verhalten sich die Längen der untersuchten Arterien der Lobi caudales. Während es am Ramus lobi medii zu einem kontinuierlichen Ansteigen der Längenmeßwerte kommt, zeigt der Ramus lobi accessorii unregelmäßige Steigerungen, die durch die variierende Aufgabelung dieser Arterie in ihre beiden Segmentäste bedingt ist.

Ein Rückschluß von den Durchmesser- und Längenwerten auf den Durchblutungsgrad bzw. den Entwicklungsstand der Lungen wird insbesondere bei den Feten mit großer Zurückhaltung gezogen. Zum einen liegen bisher keine Vergleichswerte in der Literatur vor, zum anderen stammen die eigenen Meßwerte von Kunststoffinjektionen artifiziell gefüllter Blutgefäße. Da jedoch die Methodik bei allen Präparaten gleich ist, sind die Ergebnisse zumindest als Entwicklungstendenz vorstellbar.

Lagebeziehung zwischen den Pulmonalarterien und den Bronchen der einzelnen Lappen

BURI beschreibt 1911 den Ramus lobi cranialis dextri medial am Lappenbronchus liegend. An der rechten Lunge sieht SCHORNO (1955) die Segment- und Subsegmentarterien medial an den Bronchen anliegen. Eine Ausnahme bildet die ventrale Subsegmentarterie des kranialen Segmentes, die er lateral erkennt. ZSEBÖK et al. (1955) beschreiben die Arterienäste des Lobus cranialis dexter mit einer lateralen und die des Lobus cranialis sinister mit einer medialen Lage zum Bronchus.

Die Präparate aller untersuchten Gruppen zeigen konstante Lagebeziehungen zwischen den Lappenbronchen und den entsprechenden Rami lobares (bzw. den Rami segmentales an den Kraniallappen).

In den Kraniallappen treten die Arterien von medial an die Bronchen. An der rechten Lunge lagern sich durch den langen Verlauf der Gefäße von der linken Körperhälfte nach rechts erst die Rami subsegmentales der beiden Rami segmentales den Bronchen an, während an der linken bereits die Segmentalarterien medial anliegen. Die weiteren Aufzweigungen der Rami segmentales an beiden Lappen können dann variierend medial verbleiben oder kranial, lateral oder kaudal am Bronchus orientiert sein.

Die Rami lobares für den Lobus medius und den Lobus accessorius treten von kraniolateral an die Bronchi lobares. Mit ihren weiteren Aufzweigungen können sie sich um die Bronchen nach lateral und kaudal winden. An den Lungen erwachsener Rinder sehen GUZSAL (1955), SCHORNO (1955) und SPERANSKIJ (1964) dagegen die Rami lobares mit ihren Ästen immer lateral an den Bronchen.

Übereinstimmend mit den Angaben von GUZSAL (1955), SCHORNO (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) ziehen die *Rami loborum caudalium* lateral an die Lappenbronchen. Die dorsalen, ventralen und medialen Segmentarterien liegen mit ihren Ästen kranio- bis kaudolateral an den zugehörigen Segmentbronchen. Alle *Rami segmentales accessorii* zeigen vorwiegend eine kraniale, jedoch etwas nach lateral und medial variiende Lage zu den Bronchen. Die *Rami segmentales* werden von SCHORNO (1955) und ZSEBÖK et al. (1955) grundsätzlich als kraniolateral liegend beschrieben.

Insgesamt gesehen, zeigen die Lappenarterien in ihrer Lage zu den Bronchen immer ein konstantes Verhalten: medial an den *Lobi craniales*, kranial am *Lobus medius* und *Lobus accessorius* und lateral an den *Lobi caudales*. Die Segmentäste liegen lateral oder ziehen über kranial nach lateral, wobei als einzige Ausnahme der *Ramus segmentalis caudalis* des *Lobus cranialis sinister* diesen Weg über kaudal nimmt. Als auftretende Variation können von den Subsegmentästen alle Stationen dieses Weges (insbesondere in den Kraniallappen) eingenommen werden. Dies bedeutet: je stärker der Aufzweigungsgrad einer Arterie ist, desto größer wird die Variabilität in ihrer Lage zum Bronchus.

Arteriae bronchiales

Bei 4 Feten der SSL von 300 bis 640 mm werden die Bronchalarterien untersucht. In drei Fällen entspringt rechts, lateroventral aus der Aorta thoracica eine Arteria bronchooesophagea. In einem Präparat geht der Ramus bronchialis vor dem Ramus oesophageus aus der Aorta ab. Die Aufteilung des Ramus bronchialis erfolgt entweder am linken Bronchus principalis oder bereits bevor er diesen erreicht. Diese Ergebnisse bestätigen die Unterscheidung von Bronchal- und Bronchooesophagealarterien, wie sie CALKA (1967) getroffen hat. Die von diesem Autor beschriebenen Anastomosen werden nicht beobachtet. Dies kann injektionsbedingt sein oder diese Verbindungen entstehen erst zu einem späteren Zeitpunkt. CALKA erkennt 1967 ein separates Gefäß für den rechten Spitzenlappen, dessen Herkunft er jedoch nicht weiter verfolgt. Bei den eigenen Untersuchungen wird in einem Fall ein Ramus trachealis caudalis gesehen, der von kranial zu diesem Lappenbronchus zieht. Die Bronchalarterien können sich übereinstimmend mit CALKA (1969) an jeder Seite den Bronchen anlagern. In den Segmenten der Lungen sind die Arteriae bronchiales ohne praktische Bedeutung.

Zusammenfassung

Von 50 Rinderfeten (geordnet in 8 Gruppen) und von 3 neugeborenen Fleckviehkälbern (Gruppe 9) werden der Bronchalbaum und die Arteriae pulmonales mit ihren Aufzweigungen an Korrosionspräparaten untersucht.

Die Präparate des Bronchalbaums bilden die Grundlage zur Gliederung der Lungen in Lappen und Segmente. Im Hauptteil der Arbeit werden die Äste der Arteriae pulmonales der durch den Arbor bronchalis vorgegebenen Segmentierung der Lungen zugeordnet.

In allen Lungenlappen werden bronchoarterielle Segmente gefunden. Die beiden Kraniallappen und der Anhangslappen weisen jeweils zwei Segmente auf, während der Mittellappen keine weitere Unterteilung zuläßt. Lediglich die Kaudallappen zeigen in der Anzahl der Segmente Variationen: dorsal vier Segmente (in einem Fall fünf), ventral wiederum vier und medial zwei bis vier. Die Bronchalarterien erreichen nur die Stammbronchen und den Bronchus trachealis.

Während der fetalen Entwicklung nehmen die Durchmesser der Arterien stetig zu. Die Rami lobares der Anhangs- und der Mittellappen steigen in ihren Lumina bis kurz vor der Geburt linear und erst beim neugeborenen Kalb stärker an. Dagegen ist an den Arterien der Lobi craniales et caudales schon ab einer Scheitelsteißlänge von etwa 500 mm ein verstärktes Dickenwachstum zu erkennen.

SUMMARY

On the Topography of the Pulmonary Arteries and their Segmental Branches of Fetal and Newborne Cattle

The bronchal tree and the pulmonary arteries with their branches are examined in 50 cattle fetuses (divided into 8 groups) and three newborne calves (group 9) by means of corrosion casts.

Casts of the bronchal tree form the basis for dividing the lungs into lobes and segments. In the main part of the paper, the arterial branches are classified according to the segments of the bronchal tree. Bronchoarterial segments are found in all lobes of the lungs. The accessory lobe and both cranial lobes show two segments each, whereas the middle lobe cannot be further divided. Only the caudal lobes show variations in the number of segments: dorsal four lobes (in one case five), ventral again four and medial two to four. The bronchal arteries reach only the main bronchi and the bronchus trachealis.

During fetal development the diameter of the arteries are continually growing. The branches of the accessory and middle lobes increase linearly in diameter until shortly before birth, then increase more rapidly in newborn calves. The arteries of the cranial and caudal lobes already show an increased growth in diameter from a Crown-Rump-Length of 500 mm.

LITERATURVERZEICHNIS

ABRAMSON, J. D. (1962): Blood vessels and lymphatics.
Academic Press, New York und London.

ACKERKNECHT, E. (1943): Das Eingeweidesystem, in
ELLENBERGER/BAUM: Handbuch der vergleichenden Anatomie
der Haussäugetiere, 18. Aufl., Springer Verlag, Berlin.

AEBY, C. (1880): Der Bronchalbaum der Säugetiere und
des Menschen.
Verlag W. Engelmann, Leipzig.

ALEXANDER, A. F., JENSEN, R. (1963): Normal structure of
bovine pulmonary vasculature.
Am. J. Vet. Res., 24, 1083 - 1093.

APPLETON, A. B. (1944): Segments and blood vessels of
the lungs.
The Lancet 12, 592 - 594.

ASSALI, M. S., SEGHAL, M., MARABLE, S. (1962):
Pulmonary and ductus arteriosus circulation in the
fetal lamb before and after birth.
Am. J. Physiol. 202, 536 - 540.

BACKMAN, G. (1925): Les veines des poumons.
C. R. Soc. Biol. 93, 540 - 563.

BACKMAN, G. (1937): Die Lungenvenen der Wirbeltiere.
Acta Univ. Lund. 33/6,5, 1 - 112.

BARER, G. R. (1966): Bronchopulmonary anastomoses in
fetal, newborn and adult animals.
Q. J. exp. Physiol. 51, 103 - 111.

BARONE, R. (1953): Der Bronchalbaum und die Blutgefäße bei den Hauseinhufern.

Rec. Med. vet., 545 - 564.

BARONE, R. (1956): Bronches et vaisseaux pulmonaires chez le boeuf.

C. r. Ass. Anat., Lisbonne.

BARONE, R. (1960): Observations anatomiques sur les poumons et les bronches d` un lion-(Panthero leo) et remarques sur l` architecture du poumon mammalien.

Festschrift der Wiener Tierärztl. Wschr. 27 - 36.

BENDER, K. W. (1925): Über die Entwicklung der Lungen.

Z. Anat. u. Entw.-gesch. 75, 639 - 704.

BEYERSDORF, F. (1978): Anatomie.

2. Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.

BOYDEN, E. (1949): The prevarling pattern of bronchopulmonary segment.

Dis. Chest 15, 657 - 668.

BÜHLING, H. (1943): Die Venae pulmonales des Rindes.

Diss. med. vet., Hannover.

BÜRGI, J. (1953): Das grobe Bindegewebsgerüst in der Lunge einiger Haussäuger, mit besonderer Berücksichtigung der Begrenzung des Lungenläppchens.

Diss. med. vet., Zürich.

BURI, R. (1911): Extrapulmonale Nebenäste des Ramus dexter arteriae pulmonalis bei Rind, Schaf, Ziege und Schwein.

Berl. tierärztl. Wschr. 24, 647 - 650.

CALKA, W. (1967): Bronchial arteries with extra-pulmonary course in domestic cattle.
Fol. Morph., Warschau 26, 359 - 367.

CALKA, W. (1969): The blood supply of the lungs through direct branches of the aorta in domestic cattle.
Fol. Morph., Warschau 28, 442 - 450.

CALKA, W. (1969): Präkapillare Anastomosen zwischen der A. bronchialis und der A. pulmonalis in den Lungen von Hausrindern.
Fol. Morph., Warschau 28, 60 - 67.

CASTIGLI, G. (1949): Sulle anastomose artero-venose nel polmone.
Arch. ital. Anat. 53, 249 - 263.

CASTIGLI, G. (1954): I vasi sanguigni del polmone di Bos taurus.
Arch. ital. Anat. 59, 283 - 322.

COHNHEIM, W., LITTEN, M. (1875): Über die Folgen der Embolie der Lungenarterien.
Virch. Arch. path. Anat. 65, 99 - 115.

CORONDAN, G., RADU, C., BEJAN, L., RADU, L. (1967): Beziehungen zwischen dem bronchovaskulären Apparat der höheren Wirbeltiere und Menschen und das Problem der Gleichartigkeit ihrer Nomenklatur.
Inst. agron. Timisoara, Lucrari stiint. Ser. Med. Vet. 10, 101 - 110.

CUDKOWICZ, L., ARMSTRONG, J. B. (1951): Observation on the normal anatomy of the bronchial arteries.
Thorax 6, 343 - 358.

DAVES, G. S. (1966): Pulmonary circulation in the foetus and the newborn.
Br. med. Bull. 22, 61-65.

ELLIS, F. H., GRINDLAY, J. H., EDWARDS, J. E. (1952):
The bronchial arteries.
Surgery 31, 167 - 179.

ENGEL, S. (1958): The lobulation of the mammalian lung.
Anat. Anz. 106, 86 - 89.

EWART, W. (1889): The bronchi and the pulmonary blood vessels.
Balliere, Tindall & Co., London.

FELIX, W. (1920) in SAUERBRUCH, F.: Die Chirurgie der Brustorgane. Bd. 1, Springer Verlag, Berlin.

FIZE, M. (1965): Anatomie der Lungen und des Bronchialgefäßbaumes bei Wiederkäuern.
These doct. vet., Lyon.

FLINT, J. M. (1906): The growth of the bronchial tree.
Anat. Anz. 28, 272 - 285.

GEGENBAUR, C. (1901): Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.
2. Band, Verlag W. Engelmann, Leipzig.

GUZSAL, E. (1952): Contributions of the comparative anatomy of the bronchial tree of domestic animals. The pulmonary segments.
Acta Vet. 2, 211 - 223.

GUZSAL, E. (1955): The topography of blood vessels and and of the bronchial tree of domestic animals:
Acta. Vet. 5, 333 - 365.

HÄRTL, H. (1942): Über die Bronchalgefäße und ihre Anastomosen mit dem Pulmonalgefäßsystem bei Schaf und Ziege.
Diss. med. vet., Hannover.

HARE, W. C. D. (1955): The bronchopulmonary segments in the sheep.
J. anat. 89, 387 - 403.

HARTMANN, L., BOYDEN, E. (1946): Bronchopulmonary segments of left upper lobe.
Am. J. Anat. 79, 321 - 360.

HAYEK, H. v. (1970): Die menschliche Lunge.
2. Auflage, Springer Verlag, Berlin.

HAYEK, H. v. (1940): Über die Anastomosen zwischen der Arteria bronchialis und der Arteria pulmonalis.
Z. Anat. u. Entw.-gesch. 110, 412 - 416.

HEISS, R. (1919): Zur Entwicklung und Anatomie der menschlichen Lunge.
Arch. f. Anat. und Physiol., Leipzig.

HERTWIG, O. (1915): Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere.
10. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena.

HIS, W. (1887): Zur Entwicklungsgeschichte der Lungen beim menschlichen Embryo.
Arch. f. Anat. und Physiol., Leipzig.

HUNTINGTON, G. S. (1898): The epartial bronchial system of the mammalia.

Ann. N. Y. Acad. Sci. 8, 127 - 149.

KOCH, H., TRÖGER, U., VOLLMERHAUS, B. (1973): Zur makroskopischen Anatomie der Lunge des Göttinger Miniaturschweines.

Zbl. Vet. Med., C, Anat., Histol., Embryol. 2, 105 - 119.

KONASCHKO, P. J. (1926): Über Anastomosen zwischen der A. pulmonalis und der A. bronchialis.

Z. Anat. u. Entw.-gesch. 78, 136 - 147.

KOWATSCHEV, G. (1968): Über die Variabilität der Äste der Brust - und Bauchorta bei Schafffüten.

Anat. Anz. 122, 37 - 47.

KÖLLIKER, A. (1879): Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere.

Verlag W. Engelmann, Leipzig.

KÖNIGSTEIN, H. (1903): Zur Physiologie und Morphologie des Gefäßsystems am Respirationstrakt.

Anat. Hefte 22, 307 - 371.

KÜTTNER, H. (1878): Beiträge zur Kenntnis der Kreislaufverhältnisse der Säugetierlunge.

Virch. Arch. 73, 476 - 483.

LAPP, H. (1951): Über die Sperrarterien der Lunge und die Anastomosen zwischen A. bronchialis und A. pulmonalis, über ihre Bedeutung, insbesondere für die Entstehung des hämorrhagischen Infarkts.

Frankf. Z. f. Path. 62, 537 - 550.

LINELL, F., LÖFGREN, O. (1940): Verlauf der Lungengefäße, besonders des Lobulus beim Menschen und einigen Säugetieren.

Lunds. Univ. Årsskr. N. F. Åv. 2 36, Nr.6, 1 - 15.

MARTIN, P. (1919): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 2, Verlag Schickhardt u. Ebner, Stuttgart.

MC. LAUGHLIN, R.F., TYLER, W.S., CANADA, R.O. (1961): A study of the subgross pulmonary anatomy in various mammals.

Am. J. Anat. 108, 149 - 158.

MICHEL, G. (1977): Kompendium der Embryologie der Haustiere.

2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York.

MILLER, W. S. (1906): The arrangement of bronchial blood vessels.

Anat. Anz. 28. 432 - 436.

MILLER, W. S. (1937): The lung.

Md., C. C. Thomas, Springfield, Illinois.

MINOT, W. (1892): Human Embryology.

W. Wood and Company, New York.

MÜLLER, F. (1938): Von der Lunge.

1.Beitrag: "Anatomie für den Tierarzt"

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 46, 146 - 153.

NAKAKUKI, S., YOSHIKAWA, T. (1967): The new lobulation of the lung.

Proc. Jap. Acad. 43, 1009 - 1011.

NAKAKUKI, S. (1975): The new interpretation of bronchial tree.

Proc. Jap. Acad. 51, 342 - 347.

NAKAKUKI, S. (1979): Comparative Anatomical Studies on the Mammalian Lung.

Inst. of Anat., Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo.

NARATH, G. (1896): Denkschriften der medizinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena. Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem Malayischen Archipel.

Band 6, Verlag Gustav Fischer, Jena.

NARATH, G. (1901): Der Bronchialbaum der Säugetiere und des Menschen.

Verlag E. Nägele, Stuttgart.

NEURAND, K., WISSDORF, H., MESSOW, C. (1970): Beitrag zur Bronchialverzweigung beim Schwein.

Berl. und Münch. tierärztl. Wschr. 23, 467 - 470.

NOMINA ANATOMICA VETERINARIA (1973): Internationale Nomenklaturkommission der Veterinäranatomen.

2. Auflage, Holzhausens Nachfolger, Wien.

NOMINA ANATOMICA VETERINARIA (1983): Internationale Nomenklaturkommission der Veterinäranatomen.

3. Auflage, Holzhausens Nachfolger, Wien.

PARCHET, V., SPRENGER, F., MEAN, A. (1951): Über die Segmentanatomie der Lungen und ihre klinische Bedeutung.

Arch. f. Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde 157, 365 - 391.

PICCO, G. (1956): Beitrag zur Segmentanatomie der Lunge.

Diss. med. vet. Zürich.

RADU, C., RADU, L. (1969): Aspecte comparative ale angio-architectonicii pulmonare la mamiferele si pasarile domestice.

Inst. agron. Timisoara, Lucrari stiint. Ser. Med. vet.
12, 89 - 103.

RATHKE, H. (1828): Ueber die Entwicklung der Athemwerkzeuge bei den Vögeln und den Säugethieren.
Verhandlg. d. Kais. Leop.- Carol. Ak. d. Nat., Bonn.

REISSEISEN, F. D., SÖMMERING, S. T. (1808): Über den Bau der Lungen.
Verlag Rücker, Berlin.

REYMOND, A. (1958): Contribution a l Etude de l Architecture Pulmonaire.
These doct. vet., Paris.

ROUSS, E. (1955): Zur Kenntniss der Segmentanatomie der Lunge.
Diss. med. vet. Zürich.

RUYSCH, F. (1696): Epistula anatomica problematica sexta. Amsterdam: zitiert nach TÖNDURY, G., WEIBEL, E.
(1956): Über das Vorkommen von BlutgefäßAnastomosen in der menschlichen Lunge. Schw. Med. Wschr. 86, 265 - 269.

SCHENK, S. L. (1874): Lehrbuch der vergleichenden Embryologie der Wirbeltiere.
Verlag Braumüller, Wien.

SCHNORR, B. (1985): Embryologie der Haustiere.
Enke Verlag, Stuttgart.

SCHORNO, E. (1955): Die Lappen und Segmente der Rinderlunge und deren Vaskularisation.
Diss. med. vet. Zürich.

SCHREIBER, J. (1954): Bericht über den Vorlesungszyklus
 "The anatomy of the lungs of the sheeps"
 Wiener tierärztl. Wschr. 41, 356 - 359.

SEESSEL, A. (1877): Zur Entwicklungsgeschichte des
 Vorderdarms.
 Arch. f. Anat. u. Entw.-gesch. 38, 32 - 74.

SEIFERLE, E. (1956): Grundsätzliches zum Bau und der
 Benennung der Haussäugerylungen.
 Okajima Folia Anat., Tokyo 28, 71 - 81.

SPERANSTKY, V. S. (1964): Bronchopulmonale Segmente und
 Lungenblutgefäße der Haustiere.
 Cesk. Morfol. 12, 373 - 388.

STAMP, J. T. (1948): The distribution of the bronchial
 tree in the bovine lung.
 J. Comp. Path. 58, 1 - 8.

STIEDA, J. (1878): Einiges über den Bau und die
 Entwicklung der Säugethierlungen.
 Z. f. wiss. Zool., Bd. 30 Suppl., 106 - 128.

TÖNDURY, G. (1954): Zur Segmentanatomie der
 Lungenlappen.
 Schw. Z. Tuberk. 11, 227 - 236.

TÖNDURY, G., WEIBEL, E. (1956): Über das Vorkommen von
 Blutgefäßanastomosen in der menschlichen Lunge.
 Schw. Med. Wschr. 86, 265 - 269.

TÖNDURY, G. (1958): Anatomie der Lungengefäße.
 Erg. d. ges. Tbc- u. Lungenf. 14, 59 - 100.

TURNER-WARWICK, M. (1963): Precapillary systemic pulmonary anastomoses.

Thorax 18, 225 - 237.

VIRCHOW, R. (1847): Über die Standpunkte in der wissenschaftlichen Medizin.

Virch. Arch. path. Anat. 1, 3 - 19.

VIRCHOW, R. (1851): Über die Erweiterung kleinerer Gefäße.

Virch. Arch. path. Anat. 3, 427 - 462.

VOBORIL, Z. (1985): Zum Gebrauch der neuen anatomischen Terminologie in der Milzanatomie.

Anat. Anz., 160, 55 - 57.

WEBER, H. W. (1951): Untersuchungen über die Bedeutung der Lungensegmente.

Frankf. Z. f. Path. 62, 499 - 522.

WEIBEL, E. (1959): Die Blutgefäßanastomosen in der menschlichen Lunge.

Z. f. Zellf. 50, 653 - 692.

WILKENS, H., MÜNSTER, W. (1976): Arterien und Venen in
NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E. (1976): Lehrbuch
 der Anatomie der Haustiere. Bd. 3, Kreislaufsystem,
 Haut und Hautorgane, 1. Aufl., Verlag Paul Parey,
 Berlin und Hamburg.

WILLACH, P. (1888): Beiträge zur Entwicklung der Lunge bei Säugethieren.

Osterwieck a. Harz.

WINKLER, P. (1952): Der Gefäßverlauf in den Lungensegmenten.

Schw. Med. Wschr. 82, 1341 - 1352.

ZIETZSCHMANN, O., KRÖLLING, O. (1955): Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere.

2. Aufl., Verlag Parey, Berlin und Hamburg.

ZSEBÖK, Z., SZEKELY, A., NAGY, E. (1955): Beiträge zur Anatomie des Bronchialsystems und der Lungenangioarchitektur des Rindes.

Acta Vet. 5, 307 - 332.

ZUCKERKANDL, E. (1883): Verbindungen der arteriellen Gefäße der menschlichen Lunge.

S.- B. Akad. Wiss. math.- nat. Kl., Abt. 2, 87 - 104.

DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. B. Vollmerhaus möchte ich herzlich für die großzügigen Arbeitsmöglichkeiten am Institut für Tieranatomie danken.

Herrn Priv.Do. Dr. Dr. habil. H. Waibl danke ich hier aufrichtig für die Überlassung des Themas und die jederzeit selbstlos gewährte Unterstützung.

Für die technische Beratung bei der Anfertigung der Korrosionspräparate danke ich auch Herrn Prof. Dr. Dr. habil. H. E. König und Herrn Dr. H. Bragulla sowie allen anderen Mitgliedern des Instituts für Tieranatomie.

LEBENS LAUF

Name: Schwemmer

Vorname: Peter

Geburtsdatum: 12. Februar 1961

Geburtsstadt: Hersbruck

Vater: Georg Schwemmer, Landwirt

Mutter: Hildegard Schwemmer, geb. Westphal

Ausbildung

1967 - 1971 Volksschule Happurg

1971 - 1980 Paul-Pfinzing- Gymnasium in Hersbruck

21. 6. 1980 Abitur

1. 10. 1980 Immatrikulation an der Ludwig-Maximilians-
Universität

23. 1. 1986 Tierärztliches Staatsexamen

12. 3. 1986 Tierärztliche Approbation

